



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

**«Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет»**

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по науке и инновациям

В.Н. Коротаев

«1» 06 2017 г.



**Рабочая программа дисциплины**

*Методы и средства нано-и микроструктурного анализа с использованием микроскопов с различным разрешением (оптических, электронных, атомно-силовых и других) и генераторов заряженных частиц*

Направление подготовки	<i>22.06.01 Технологии материалов</i>
Направленность (профиль) программы аспирантуры	<i>Объемная и поверхностная обработка металлов и сплавов</i>
Научная специальность	<i>05.16.09 Материаловедение (в машиностроении)</i>
Квалификация выпускника	Исследователь. Преподаватель-исследователь
Выпускающая кафедра	<i>Инновационные технологии машиностроения</i>
Форма обучения	<i>(Очная, заочная)</i>
Курс: 2	Семестр (ы): 3
Трудоёмкость:	
Кредитов по рабочему учебному плану:	3 ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану:	108 ч
Виды контроля с указанием семестра:	
Экзамен: -	Зачёт: 3

Пермь 2017 г.

Рабочая программа дисциплины «Методы и средства нано-и микроструктурного анализа с использованием микроскопов с различным разрешением (оптических, электронных, атомно-силовых и других) и генераторов заряженных частиц» разработана на основании следующих нормативных документов:

- Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования, утвержденный приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 888 от «30» июля 2014 г. по направлению подготовки 22.06.01 Технологии материалов.
- Общая характеристика программы аспирантуры;
- Паспорт научной специальности 05.16.09 Материаловедение (в машиностроении), разработанный экспертным советом Высшей аттестационной комиссии Министерства в связи с утверждением приказа Минобрнауки России от 25 февраля 2009 г. №59 «Об утверждении Номенклатуры научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени» (редакция от 14 декабря 2015 года);
- Программа кандидатского минимума по научной специальности 05.16.09 Материаловедение (в машиностроении).

ФОС заслушан и утвержден на заседании кафедры ИТМ  
Протокол от «24» сб 2017 г. № 11.

Зав. кафедрой д.т.н., профессор  
(учёная степень, звание)

  
(подпись)


В.В. Карманов  
(Фамилия И.О.)

Разработчик д.т.н., доцент  
(учёная степень, звание)

  
(подпись)

А.Л. Каменева  
(инициалы, фамилия)

Руководитель д.т.н., доцент  
программы (учёная степень, звание)

  
(подпись)

А.Л. Каменева  
(инициалы, фамилия)

СОГЛАСОВАНО

Председатель комиссии  
по подготовке научных кадров  
Совета по науке и инновациям

  
(подпись)

В.П. Первадчук

Начальник УПКВК

  
(подпись)

Л.А. Свисткова

## **1. Общие положения**

**Цель учебной дисциплины** – изучение аспирантами эволюции структурного состояния металлов и сплавов при различных видах внешних воздействий, получение аспирантами представлений о возможностях оценки качества упрочнения сталей и сплавов в зонах воздействия объемной и поверхностной обработки средствами разрушающего контроля.

В процессе изучения данной дисциплины аспирант формирует следующие **компетенции**:

- способность и готовность разрабатывать и выпускать технологическую документацию на перспективные материалы, новые изделия и средства технического контроля качества выпускаемой продукции (ОПК-2);
- способность и готовность экономически оценивать производственные и непроизводственные затраты на создание новых материалов и изделий, проводить работу по снижению их стоимости и повышению качества (ОПК-3);
- способность использовать новейшие технологические достижения в материаловедении для своей научно-исследовательской деятельности (ПК-2).

### **1.2 Задачи учебной дисциплины:**

Для достижения этой цели необходимо решение следующих задач:

- формирование у аспирантов системы знаний об особенностях теоретических и экспериментальных исследований фазовых и структурных превращений в металлах и сплавах, происходящих при различных внешних воздействиях;
- получение аспирантами представлений о теоретических и экспериментальных исследованиях типа, количества и характера распределения дефектов кристаллического строения средствами разрушающего и неразрушающего контроля;
- формирование у аспирантов системы знаний о влиянии структурного состояния металлов и сплавов на зарождение и распространение трещин при различных видах внешних воздействий.

### **1.3 Предметом освоения дисциплины являются следующие объекты:**

- структура и строение металлических, керамических, композиционных материалов и сплавов;
- дефекты и особенности кристаллического строения металлов и сплавов;
- оптические, электронные сканирующие и просвечивающие, атомно-силовые микроскопы и генераторы заряженных частиц.

### **1.4 Место учебной дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина Б1.ДВ.01.4 «Методы и средства нано-и микроструктурного анализа с использованием микроскопов с различным разрешением (оптических, электронных, атомно-силовых и других) и генераторов заряженных частиц» является дисциплиной по выбору вариативной части цикла базового учебного плана.

Дисциплина используется при выполнении научно-квалификационной работы (диссертации).

## **2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

В результате изучения дисциплины аспирант должен освоить части указанных в пункте 1.1 компетенций и продемонстрировать следующие результаты:

### **Знать:**

- основные оптические, электронные сканирующие и просвечивающие, атомно-силовые микроскопы и генераторы заряженных частиц (ОПК-2);
- технические характеристики и назначение основных оптических, электронных сканирующих и просвечивающих, атомно-силовых микроскопов и генераторов заряженных частиц (ОПК-2);

- методы пробоподготовки микрошлифов в зависимости от типа используемого микроскопа (ОПК-3);
- методы повышения качества изображения структуры металлов и сплавов (ОПК-3);
- области применения высокоразрешающей электронной микроскопии (ПК-2);
- способы ускорения заряженных частиц для получения и исследования новых частиц, изучения взаимопревращения частиц (ПК-2).

**Уметь:**

- разрабатывать методы проведения исследований и анализа их результатов (ОПК-2);
- подготавливать обзоры, отчеты и научные публикации (ОПК-2);
- определять механизмы влияния различных механических, тепловых, магнитных и других внешних воздействий на структурное состояние металлов и сплавов (ОПК-3);
- разрабатывать новые и совершенствовать существующие методы структурного анализа металлов и сплавов (ОПК-3);
- выполнять экспериментальные и теоретические исследования по заданной программе (ПК-2);
- базироваться на современных методах обработки и интерпретации данных с применением систем микроанализа (ПК-2).

**Владеть:**

- навыками выполнения экспериментальных и теоретических исследований по заданной программе (ОПК-2);
- навыками оценки и интерпретации результатов исследования; поиска, сбора, обработки, анализа и систематизации информации по теме исследования (ОПК-2);
- навыками разработки новых принципов и методик испытаний металлов и сплавов, обеспечивающих надежное прогнозирование работоспособности деталей (ОПК-3);
- навыками выбора наиболее экономичных и надежных металлических металлов и сплавов для конкретных технических назначений с целью сокращения металлоемкости, увеличения ресурса работы, повышения уровня заданных физических и химических характеристик деталей машин (ОПК-3);
- навыками исследования влияния структурного состояния на зарождение и распространение трещин при различных видах внешних воздействий (ПК-2);
- навыками выявления и формулирование актуальных современных проблем в материаловедении (ПК-2).

**2.1 Дисциплинарная карта компетенции (код компетенции)**

<b>Код</b> ОПК-2	<b>Формулировка компетенции</b>
	Способностью и готовностью разрабатывать и выпускать технологическую документацию на перспективные материалы, новые изделия и средства технического контроля качества выпускаемой продукции

<b>Код</b> ОПК-2 Б1.ДВ.01.4	<b>Формулировка дисциплинарной части компетенции</b>
	Умение исследовать при различном разрешении особенности кристаллического строения металлов и сплавов.

**Требования к компонентному составу части компетенции ОПК-2**

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
<b>Знать:</b> - основные оптические, электронные сканирующие и просвечивающие, атомно-силовые микроскопы и генераторы заряженных частиц; - технические характеристики и назначение основных	<i>Лекции.</i> <i>Самостоятельная работа аспирантов.</i>	<i>Собеседование.</i>

оптических, электронных сканирующих и просвечивающих, атомно-силовых микроскопов и генераторов заряженных частиц.		
<b>Уметь:</b> - разрабатывать методы проведения исследований и анализа их результатов; - подготавливать обзоры, отчеты и научные публикации.	<i>Практические занятия. Самостоятельная работа аспирантов.</i>	<i>Собеседование. Творческое задание.</i>
<b>Владеть:</b> - навыками выполнения экспериментальных и теоретических исследований по заданной программе; - навыками оценки и интерпретации результатов исследования; поиска, сбора, обработки, анализа и систематизации информации по теме исследования.	<i>Самостоятельная работа аспирантов.</i>	<i>Собеседование. Творческое задание.</i>

<b>Код</b> ОПК-3	<b>Формулировка компетенции</b> Способностью и готовностью экономически оценивать производственные и непроизводственные затраты на создание новых материалов и изделий, проводить работу по снижению их стоимости и повышению качества
---------------------	---

<b>Код</b> ОПК-3 Б1.ДВ.01.4	<b>Формулировка дисциплинарной части компетенции</b> Умение устанавливать при различном разрешении дефекты кристаллического строения металлов и сплавов.
-----------------------------------	---

### Требования к компонентному составу части компетенции ОПК-3

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
<b>Знать:</b> - методы пробоподготовки микрошлифов в зависимости от типа используемого микроскопа; - методы повышения качества изображения структуры металлов и сплавов.	<i>Лекции. Самостоятельная работа аспирантов.</i>	<i>Собеседование.</i>
<b>Уметь:</b> - уметь определять механизмы влияния различных механических, тепловых, магнитных и других внешних воздействий на структурное состояние металлов и сплавов; - разрабатывать новые и совершенствовать существующие методы структурного анализа металлов и сплавов.	<i>Практические занятия. Самостоятельная работа аспирантов.</i>	<i>Собеседование. Творческое задание.</i>
<b>Владеть:</b> - навыками разработки новых принципов и методик испытаний металлов и сплавов, обеспечивающих надежное прогнозирование работоспособности деталей; - навыками выбора наиболее экономичных и надежных металлических металлов и сплавов для конкретных технических назначений с целью сокращения металлоемкости, увеличения ресурса работы, повышения уровня заданных физических и химических характеристик деталей машин.	<i>Самостоятельная работа аспирантов.</i>	<i>Собеседование. Творческое задание.</i>

<b>Код</b> ПК-2	<b>Формулировка компетенции</b> Способность использовать новейшие технологические достижения в материаловедении для своей научно-исследовательской деятельности
--------------------	--

<b>Код</b> ПК-2 Б1.ДВ.01.4	<b>Формулировка дисциплинарной части компетенции</b> Способность оценивать структурное состояние металлов и сплавов и прогнозировать по нему работоспособность металлов и сплавов.
----------------------------------	---

### Требования к компонентному составу части компетенции ПК-2

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
<b>Знать:</b> - области применения высокоразрешающей электронной микроскопии; - способы ускорения заряженных частиц для получения и исследования новых частиц, изучения взаимопревращения частиц.	<i>Лекции. Самостоятельная работа аспирантов.</i>	<i>Собеседование.</i>
<b>Уметь:</b> - выполнять экспериментальные и теоретические исследования по заданной программе; - базироваться на современных методах обработки и интерпретации данных с применением систем микроанализа.	<i>Практические занятия. Самостоятельная работа аспирантов.</i>	<i>Собеседование. Творческое задание.</i>
<b>Владеть:</b> - навыками исследования влияния структурного состояния на зарождение и распространение трещин при различных видах внешних воздействий; - навыками выявления и формулирование актуальных современных проблем в материаловедении.	<i>Самостоятельная работа аспирантов.</i>	<i>Собеседование. Творческое задание.</i>

### 3. Структура учебной дисциплины по видам и формам учебной работы

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 ЗЕ (1 ЗЕ = 36 час.).

Таблица 1

Объем и виды учебной работы

№ п.п.	Вид учебной работы	Трудоёмкость, ч
		3 семестр
<b>1</b>	Аудиторная работа	
	В том числе:	
	Лекции (Л)	-
	Практические занятия (ПЗ)	32
<b>2</b>	Контроль самостоятельной работы (КСР)	4
	Самостоятельная работа (СР)	72
	Итоговая аттестация по дисциплине:	-
	Форма итогового контроля:	Зачет

## 4. Содержание учебной дисциплины

### 4.1. Модульный тематический план

Таблица 2

Тематический план по модулям учебной дисциплины (3 семестр)

Номер раздела дисциплины	Номер темы дисциплины	Количество часов и виды занятий					Трудоёмкость, ч / ЗЕ	
		аудиторная работа			КСР	Итоговый контроль		Самостоятельная работа
		всего	Л	ПЗ				
1	1	6	-	6	-		12	18
	2	6	-	6	1		12	19
<b>Всего по разделу:</b>		<b>12</b>	<b>-</b>	<b>12</b>	<b>1</b>		<b>24</b>	<b>37/1,028</b>
2	3	6	-	6	1		12	19
	4	6	-	6	1		12	19
<b>Всего по разделу:</b>		<b>12</b>	<b>-</b>	<b>12</b>	<b>2</b>		<b>24</b>	<b>38/1,056</b>
3	5	8	-	8	1		24	33
<b>Всего по разделу:</b>		<b>8</b>	<b>-</b>	<b>8</b>	<b>1</b>		<b>24</b>	<b>33/0,916</b>
<b>Промежуточная аттестация</b>								
<b>Итого:</b>		<b>10</b>	<b>-</b>	<b>32</b>	<b>4</b>	<b>-</b>	<b>72</b>	<b>108/3</b>

### 4.2. Содержание разделов учебной дисциплины

#### 4.2.1. Содержание разделов и тем учебной дисциплины (3 семестр)

##### Раздел 1. Оптическая микроскопия.

(Пр – 12, КСР – 1, СР – 24)

Тема 1. **Структура металлов и сплавов.** Типы структур: кристаллическая, субструктура, микроструктура, макроструктура. Структурные несовершенства (дефекты) в реальных кристаллах. Дефекты кристалла по геометрическому признаку: точечные, линейные, поверхностные (плоские), объёмные. Современные оптические микроскопы, оснащенные системой микроанализа и цифровой камерой.

Тема 2. **Микроструктурный анализ строения (структуры) металлов и сплавов на оптическом металлографическом микроскопе с разрешающей способностью 200 нм.** Приготовление микрошлифов. Формирование изображения в оптическом микроскопе. Исследование особенности структуры металлов и сплавов: типа и балла неметаллических включений в сплавах; величины и формы зерен; размера, формы и расположения структурных составляющих (карбидов, графитовых включений и др.); микродефектов металла либо сплава (микротрещины, раковины); структуры поверхностных слоев (после химико-термической обработки, поверхностной закалки и т.п.). Измерение микрообъектов (глубину поверхностных слоев, толщину плакирующего слоя и др.) с использованием системы микроанализа.

##### Раздел 2. Высокорастворяющая электронная микроскопия.

(Пр – 12, КСР – 2, СР – 24)

Тема 3. **Нано- и микроструктурный анализы структуры металлов и сплавов на электронном просвечивающем микроскопе с разрешающей способностью порядка 0,5 нм.** Изготовление реплик и фольг для исследования структуры металлов и сплавов. Конструкции электронных просвечивающих микроскопов. Аналитические методы просвечивающей электронной микроскопии. Просвечивающая микроскопия высокого разрешения. Формирование изображения в просвечивающем электронном микроскопе. Исследование структурных дефектов металлов и сплавов, покрытий. Исследования атомной структуры веществ методами высокоразрешающей просвечивающей электронной микроскопии с корректором сферических аберраций, включая исследования на просвет планарных структур и поперечных сечений.

Проведение измерений линейных размеров элементов структур микро- и нанорельефа поверхности твердотельных материалов и биологических объектов в нанометровом диапазоне. Количественный анализ механических напряжений в гетероэпитаксиальных системах на основе обработки оцифрованных изображений высокоразрешающей электронной микроскопии.

**Тема 4. Нано- и микроструктурный анализы структуры металлов и сплавов на электронном сканирующем микроскопе с разрешающей способностью порядка 4 нм.** Система пробоподготовки образцов для сканирующей микроскопии. Конструкции электронных сканирующих микроскопов. Формирование изображения в сканирующем электронном микроскопе. Анализ структуры границ зерен. Количественный морфологический анализ и измерения линейных размеров микрорельефа поверхности твердотельных структур. Анализ химического состава приповерхностного слоя методами EDX на базе сканирующей электронной микроскопии.

**Раздел 3. Электронно-ионная микроскопия.**

((Pr – 8, КСР – 1, СР – 24)

**Тема 5. Нано- и микроструктурный анализы структуры металлов и сплавов на электронном просвечивающем микроскопе с генераторами (ускорителями) заряженных частиц.** Высокочастотный электронно-ионный микроскоп с источником заряженных частиц. Изучение структуры металлов и сплавов путем просвечивания его мощным потоком заряженных частиц. Изучение структуры микрообъектов (например, атомных ядер) и природы фундаментальных сил. Получение и исследование новых частиц, изучение взаимопревращения частиц.

#### 4.3. Перечень тем лабораторных работ

При изучении данной дисциплины лабораторные работы не предусмотрены.

#### 4.4. Перечень тем практических занятий

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы практического занятия	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства
1	1	Установление типа структур.	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
2	2	Расчеты среднего размера зерна, объемных долей структурных составляющих элементов структуры - неметаллических включений, границ зерен, отдельные структурных составляющих.	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
3	3	Исследование морфологических особенностей и структурных дефектов металлов и сплавов, покрытий.	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
4	4	Количественный морфологический анализ и измерения линейных размеров микрорельефа поверхности твердотельных структур.	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
5	5	Изучение структуры металлов и сплавов путем просвечивания его мощным потоком	Собеседование.	Вопросы по темам / разделам



	заряженных частиц.	Творческое задание.	дисциплины. Темы творческих заданий.
--	--------------------	---------------------	--------------------------------------

#### 4.5. Перечень тем семинарских занятий

При изучении данной дисциплины семинарские занятия не предусмотрены.

#### 4.6. Содержание самостоятельной работы аспирантов

Самостоятельная работа аспирантов заключается в теоретическом изучении конкретных вопросов и выполнении творческих заданий.

Таблица 4

Темы самостоятельных заданий

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы самостоятельной работы	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства
1	1	Типы структур: кристаллическая, субструктура, микроструктура, макроструктура. Дефекты кристалла по геометрическому признаку: точечные, линейные, поверхностные (плоские), объемные. Современные оптические микроскопы, оснащенные системой микроанализа и цифровой камерой.	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
2	2	Приготовление микрошлифов. Формирование изображения в оптическом микроскопе. Исследование особенности структуры металлов и сплавов: типа и балла неметаллических включений в сплавах; величины и формы зерен; размера, формы и расположения структурных составляющих (карбидов, графитовых включений и др.); микродефектов металла либо сплава (микротрещины, раковины); структуры поверхностных слоев (после химико-термической обработки, поверхностной закалки и т.п.).	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
3	3	Система пробоподготовки образцов для сканирующей микроскопии. Конструкции электронных сканирующих микроскопов. Формирование изображения в сканирующем электронном микроскопе. Анализ структуры границ зерен.	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
4	4	Высокочастотный электронно-ионный микроскоп с источником заряженных частиц. Изучение структуры металлов и сплавов путем просвечивания его мощным потоком заряженных частиц.	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
5	5	Высокочастотный электронно-ионный микроскоп с источником заряженных частиц. Изучение структуры металлов и сплавов путем просвечивания его мощным потоком заряженных частиц.	Творческое задание	Темы творческих заданий

## **5. Методические указания для аспирантов по изучению дисциплины**

При изучении дисциплины «Методы и средства нано-и микроструктурного анализа с использованием микроскопов с различным разрешением (оптических, электронных, атомно-силовых и других) и генераторов заряженных частиц» аспирантам 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. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции;
4. К выполнению практических заданий приступать после самостоятельной работы по изучению теоретических вопросов.

## **6. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций**

Для успешного освоения дисциплины применяются различные образовательные технологии, которые обеспечивают достижение планируемых результатов обучения согласно основной профессиональной образовательной программы.

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при которой аспиранты 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.

Проведение практических занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором аспиранты взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность аспирантов в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности аспирантов на достижение целей занятия.

## **7. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации**

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации аспирантов по дисциплине «Методы и средства нано-и микроструктурного анализа с использованием микроскопов с различным разрешением (оптических, электронных, атомно-силовых и других) и генераторов заряженных частиц» представлен в виде приложения к рабочей программы дисциплины.

**8. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

**8.1. Карта обеспеченности дисциплины учебно-методической литературой**

<p>Б1.ДВ.01.4 «Методы и средства нано-и микроструктурного анализа с использованием микроскопов с различным разрешением (оптических, электронных, атомно-силовых и других) и генераторов заряженных частиц»</p>	<p><b>БЛОК 1</b></p>		
<p>(цикл дисциплины/блок)</p>			
<p>х</p>	<p>базовая часть цикла вариативная часть цикла</p>	<p>х</p>	<p>обязательная по выбору аспиранта</p>

*(индекс и полное название дисциплины)*

<p>22.06.01 / 05.16.09</p>	<p>Технология материалов / Объемная и поверхностная обработка металлов и сплавов</p>
----------------------------	--

*код направления / шифр научной специальности*

*(полные наименования направления подготовки / направленности программы)*

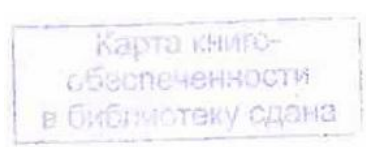
2017  
*(год утверждения  
учебного плана  
ОПОП)*

Семестр(-ы): 3

Количество  
аспирантов: 10

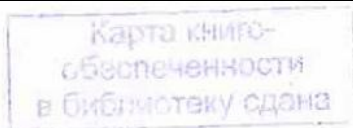
Факультет АКФ  
Кафедра ИТМ

тел. 8(342)239-15-08;  
[annkam789@mail.ru](mailto:annkam789@mail.ru)  
*(контактная информация)*



## 8.2. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке+кафедре; местонахождение электронных изданий
1	2	3
<b>1. Основная литература</b>		
1	Растровая электронная микроскопия для нанотехнологий. Методы и применение : пер. с англ. / Под ред. У. Жу, Ж. Л. Уанга .— Москва : БИНОМ. Лаб. знаний, 2013 .— 582 с.	2
2	Трёхмерная электронная микроскопия в реальном времени : учебное пособие : пер. с англ. / А. Зевайль, Дж. Томас .— Долгопрудный : Интеллект, 2013 .— 327 с.	2
<b>2 Дополнительная литература</b>		
<b>2.1 Учебные и научные издания</b>		
1	Аналитическая просвечивающая электронная микроскопия : пер. с англ. / Д. Синдо, Т. Оикава .— М. : Техносфера, 2006 .— 253 с.	4
2	Егорова, О.В. Техническая микроскопия : практика работы с микроскопами для технических целей. С микроскопом на "ты" / О. В. Егорова .— 2-е изд., перераб .— Москва : Техносфера, 2007 .— 357 с.	2
3	Магнитно-резонансная силовая микроскопия и односпиновые измерения : пер. с англ. / Г. П. Берман [и др.] ; Институт компьютерных исследований ; Под ред. С. В. Капельницкого .— Москва ; Ижевск : Институт компьютерных исследований : Регуляр. и хаот. динамика, 2010 .— 194 с.	1
4	Сканирующая зондовая микроскопия полупроводниковых материалов и наноструктур : учебное пособие для вузов / С. А. Рыков ; Под ред. В. И. Ильина .— Санкт-Петербург : Наука, 2001 .— 52 с.	1
<b>2.2 Периодические издания</b>		
1	Реферативные журналы «Металлургия», «Машиностроение»	
2	«Заводская лаборатория»	
3	«Перспективные материалы»	
4	«Физика и химия обработки поверхности»	
5	«Доклады академии наук»	
6	«Порошковые функциональные материалы и покрытия»	
<b>2.3 Нормативно-технические издания</b>		
	Не предусмотрены	
<b>2.4 Официальные издания</b>		
	Не предусмотрены	
<b>2.5. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»,</b>		



№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке+кафедре; местонахождение электронных изданий
1	2	3
<b>необходимых для освоения дисциплины</b>		
1.	Электронная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных электрон. док., издан. в Изд-ве ПНИПУ] / Перм. нац. исслед. политехн. ун-т, Науч. б-ка. – Пермь, 2017. – Режим доступа: <a href="http://elib.pstu.ru">http://elib.pstu.ru</a> , свободный. – Загл. с экрана.	
2	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : мультидисциплинар. электрон. версии журн. на ин. яз.] / Науч. электрон. б-ка. – Москва, 2000-2016. – Режим доступа: <a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a> , по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.	

**Основные данные об обеспеченности на** \_\_\_\_\_

Основная литература  обеспечена  не обеспечена

Дополнительная литература  обеспечена  не обеспечена

Зав. отделом комплектования  
научной библиотеки...

 Н.В. Тюрикова

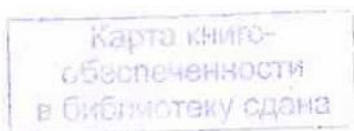
**Текущие данные об обеспеченности на** \_\_\_\_\_

Основная литература  обеспечена  не обеспечена  
(дата контроля литературы)

Дополнительная литература  обеспечена  не обеспечена

Зав. отделом комплектования  
научной библиотеки

\_\_\_\_\_ Н.В. Тюрикова



### 8.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

#### 8.3.1. Лицензионные ресурсы<sup>1</sup>

1. Электронная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных электрон. док., издан. в Изд-ве ПНИПУ] / Перм. нац. исслед. политехн. ун-т, Науч. б-ка. – Пермь, 2016. – Режим доступа: <http://elib.pstu.ru>, свободный. – Загл. с экрана.

2. Электронно-библиотечная система Издательство «Лань» [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : электрон. версии кн., журн. по гуманит., обществ., естеств. и техн. наукам] / Электрон.-библ. система «Изд-ва «Лань». – Санкт-Петербург, 2010-2016. – Режим доступа: <http://e.lanbook.com>, по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

3. ProQuest Dissertations & Theses Global [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : дис. и дипломные работы на ин. яз. по всем отраслям знания] / ProQuest LLC. – Ann Arbor, 2016. – Режим доступа: <http://search.proquest.com/pqdtglobal/dissertations>, по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

4. Электронная библиотека диссертаций РГБ [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : электрон. версии дис. и автореф. дис. по всем отраслям знания] / Электрон. б-ка дис. – Москва, 2003-2016. – Режим доступа: <http://diss.rsl.ru>, компьютер. сеть Науч. б-ки Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

5. Cambridge Journals [Electronic resource : полнотекстовая база данных : электрон. журн. по гуманит., естеств., и техн. наукам на англ. яз.] / University of Cambridge. – Cambridge : Cambridge University Press, 1770-2012. – Режим доступа: <http://journals.cambridge.org/>. – Загл. с экрана. 11.

#### 8.3.1.1. Информационные справочные системы

Не предусмотрены.

#### 8.3.2. Открытые интернет-ресурсы

1. Патентный поиск - <http://www.findpatent.ru/>
2. Патентный поиск В РФ новые патенты, заявки на патент библиотека патентов на изобретения - <http://www.freepatent.ru/patents/2407138>
3. Зарубежные патенты - <http://www.google.com/tj/patents/US6558365>

#### 8.4. Перечень лицензионного программного обеспечения

№ п.п.	Вид учебного занятия	Наименование программного продукта	Рег. номер лицензии	Назначение программного продукта
1	Практическое	Office Professional 2013	62445253	Оформление отчета
2	Практическое	PROMT Professional Double 8.0 Гигант	RGG8PRFL	Перевод иностранных публикаций по тематике

Начальник отдела технической поддержки

  
Д.Л. Климов

<sup>1</sup> собственные или предоставляемые ПНИПУ по договору

## 9. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

### 9.1. Специальные помещения и помещения для самостоятельной работы

Таблица 7

№ п.п.	Помещения			Площадь, м <sup>2</sup>	Количество посадочных мест
	Название	Принадлежность (кафедра)	Номер аудитории		
1	2	3	4	5	6
1	Компьютерный класс	Кафедра ИТМ	316 к.Д	120	26

### 9.2. Основное учебное оборудование

Таблица 8

№ п.п.	Наименование и марка оборудования (стенда, макета, плаката, лабораторное оборудование)	Кол-во, ед.	Форма приобретения / владения (собственность, оперативное управление, аренда и т.п.)	Номер аудитории
1	2	3	4	5
1	ПК Intel Pentium Dual CPU 2000 МГц (с модификациями)	26	Оперативное управление	ауд. 316, к.Д каф. ИТМ
2	Электронный проектор "NEC M300X"	1	Оперативное управление	ауд. 316, к.Д каф. ИТМ
3	3D Принтер 3D Systems "Zprinter 650"	1	Оперативное управление	Лаб. 005 к.Д каф. ИТМ
4	Рентгеновский дифрактометр «XRD-6000» (Shimadzu)	1	Собственность	ЦКП "Порошковое материаловедение и наноматериалы"
5	Металлографический комплекс с оптическими микроскопами «Neophot-31», «МЕТАМ-ЛВ» с системами цифрового анализа изображений «SIAMS-340», «Video Test»	1	Собственность	ЦКП "Порошковое материаловедение и наноматериалы"
6	Автоэмиссионный сканирующий электронный микроскоп «Ultra 55» (Carl Zeiss) с приставкой EDX-анализа (Oxford Instruments Co.)	1	Собственность	ЦКП "Порошковое материаловедение и наноматериалы"
7	Сканирующий зондовый микроскоп «SolverNext»	1	Собственность	ЦКП "Порошковое материаловедение и наноматериалы"
8	Комплекс пробоподготовки «Struers»	1	Собственность	ЦКП "Порошковое материаловедение и наноматериалы"

**Лист регистрации изменений**

<b>№ п.п.</b>	<b>Содержание изменения</b>	<b>Дата, номер протокола заседания кафедры. Подпись заведующего кафедрой</b>
1	2	3
1		
2		
3		
4		



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

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по науке и инновациям

В.Н. Коротяев

« 1 » « 06 » 201 7 г.

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

**для проведения промежуточной аттестации аспирантов по дисциплине**  
*«Методы и средства нано-и микроструктурного анализа с использованием микроскопов  
с различным разрешением (оптических, электронных, атомно-силовых и других) и  
генераторов заряженных частиц»*

Направление подготовки	22.06.01 Технологии материалов
Направленность (профиль) программы аспирантуры	Объемная и поверхностная обработка металлов и сплавов
Научная специальность	05.16.09 Материаловедение (в машиностроении)
Квалификация выпускника	Исследователь. Преподаватель-исследователь
Выпускающая(ие) кафедра(ы)	Инновационные технологии машиностроения
Форма обучения	Очная
Курс: 2	Семестр (ы): 3
Трудоёмкость:	
Кредитов по рабочему учебному плану:	3 ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану:	108 ч
Виды контроля с указанием семестра:	
Экзамен: -	Зачёт: 3

Пермь 2017 г.

Фонд оценочных средств (ФОС) для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине «Методы и средства нано-и микроструктурного анализа с использованием микроскопов с различным разрешением (оптических, электронных, атомно-силовых и других) и генераторов заряженных частиц» разработан на основании следующих нормативных документов:

- Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования, утвержденный приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 888 от «30» июля 2014 г. по направлению подготовки 22.06.01 Технологии материалов.
- Общая характеристика программы аспирантуры;
- Паспорт научной специальности 05.16.09 Материаловедение (в машиностроении), разработанный экспертным советом Высшей аттестационной комиссии Министерства в связи с утверждением приказа Минобрнауки России от 25 февраля 2009 г. №59 «Об утверждении Номенклатуры научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени» (редакция от 14 декабря 2015 года);

ФОС заслушан и утвержден на заседании кафедры ИТМ  
Протокол от «27» ~~15~~ 2017 г. № 11.

Зав. кафедрой д.т.н., профессор  
(учёная степень, звание)

  
(подпись)

В.В. Карманов  
(Фамилия И.О.)

Руководитель д.т.н., доцент  
программы (учёная степень, звание)

  
(подпись)

А.Л. Каменева  
(инициалы, фамилия)

Согласовано:

Председатель комиссии  
по подготовке научных кадров  
Совета по науке и инновациям

  
(подпись)

В.П. Первадчук

Начальник управления  
подготовки кадров  
высшей квалификации

  
(подпись)

Л.А. Свисткова

## 1. Перечень формируемых частей компетенций, этапы их формирования и контролируемые результаты обучения

### 1.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

Согласно основной профессиональной образовательной программе аспирантуры учебная дисциплина Б1.В.ДВ.1.4 «Методы и средства нано-и микроструктурного анализа с использованием микроскопов с различным разрешением (оптических, электронных, атомно-силовых и других) и генераторов заряженных частиц» участвует в формировании следующих дисциплинарных частей компетенций:

**ОПК-2.** способность и готовность разрабатывать и выпускать технологическую документацию на перспективные материалы, новые изделия и средства технического контроля качества выпускаемой продукции

**ОПК-3.** способность и готовность экономически оценивать производственные и непроизводственные затраты на создание новых материалов и изделий, проводить работу по снижению их стоимости и повышению качества.

**ПК-2.** способность использовать новейшие технологические достижения в материаловедении для своей научно-исследовательской деятельности.

### 1.2. Этапы формирования компетенций

Освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение двух семестров. В 3 семестре предусмотрены аудиторские практические занятия, а также самостоятельная работа аспирантов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты дисциплинарных компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в дисциплинарных картах компетенций в РПД, которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения и являются показателями достижения заданного уровня освоения компетенций (табл. 1).

Таблица 1

Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине  
(показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Вид контроля	
	3 семестр	
	Текущий	Зачёт
<b>Усвоенные знания</b>		
<b>З.1</b> знать основные оптические, электронные сканирующие и просвечивающие, атомно-силовые микроскопы и генераторы заряженных частиц	С	ТВ
<b>З.2</b> знать технические характеристики и назначение основных оптических, электронных сканирующих и просвечивающих, атомно-силовых микроскопов и генераторов заряженных частиц	С	ТВ
<b>З.3</b> знать методы пробоподготовки микрошлифов в зависимости от типа используемого микроскопа	С	ТВ
<b>З.4</b> знать методы повышения качества изображения структуры металлов и сплавов	С	ТВ
<b>З.5</b> знать области применения высокоразрешающей электронной микроскопии	С	ТВ
<b>З.6</b> знать способы ускорения заряженных частиц для получения и исследования новых частиц, изучения взаимопревращения частиц	С	ТВ
<b>Освоенные умения</b>		
<b>У.1</b> уметь разрабатывать методы проведения исследований и анализа их результатов	ОТЗ	ПЗ
<b>У.2</b> уметь подготавливать обзоры, отчеты и научные публикации	ОТЗ	ПЗ
<b>У.3</b> уметь определять механизмы влияния различных механических, тепловых, магнитных и других внешних воздействий на структурное состояние металлов и сплавов	ОТЗ	ПЗ

<b>У.4</b> уметь разрабатывать новые и совершенствовать существующие методы структурного анализа металлов и сплавов	ОТЗ	ПЗ
<b>У.5</b> уметь выполнять экспериментальные и теоретические исследования по заданной программе	ОТЗ	ПЗ
<b>У.6</b> уметь базироваться на современных методах обработки и интерпретации данных с применением систем микроанализа	ОТЗ	ПЗ
<b>Приобретенные владения</b>		
<b>В.1</b> владеть навыками выполнения экспериментальных и теоретических исследований по заданной программе	ОТЗ	ПЗ
<b>В.2</b> владеть навыками оценки и интерпретации результатов исследования; поиска, сбора, обработки, анализа и систематизации информации по теме исследования	ОТЗ	ПЗ
<b>В.3</b> владеть навыками разработки новых принципов и методик испытаний металлов и сплавов, обеспечивающих надежное прогнозирование работоспособности деталей	ОТЗ	ПЗ
<b>В.4</b> владеть навыками выбора наиболее экономичных и надежных металлических металлов и сплавов для конкретных технических назначений с целью сокращения металлоемкости, увеличения ресурса работы, повышения уровня заданных физических и химических характеристик деталей машин	ОТЗ	ПЗ
<b>В.5</b> владеть навыками исследования влияния структурного состояния на зарождение и распространение трещин при различных видах внешних воздействий	ОТЗ	ПЗ
<b>В.6</b> владеть навыками выявления и формулирование актуальных современных проблем в материаловедении	ОТЗ	ПЗ

*С – собеседование по теме; ТВ – теоретический вопрос; ТЗ – творческое задание с учетом темы научно-исследовательской деятельности; ОТЗ – отчет по творческому заданию; ПЗ – практическое задание с учетом темы научно-исследовательской деятельности.*

*Собеседование – средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с аспирантом на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.*

*Творческое задание - частично регламентированное задание, имеющее нестандартное решение и позволяющее диагностировать умения, интегрировать знания различных областей, аргументировать собственную точку зрения.*

Итоговой оценкой освоения дисциплинарных частей компетенций (результатов обучения по дисциплине) является аттестация в виде зачета (3 семестр), проводимого с учетом результатов текущего контроля.

## **2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания.**

В процессе формирования заявленных компетенций используются различные формы оценочных средств текущего и промежуточного контроля.

Компоненты дисциплинарных компетенций, указанные в дисциплинарных картах компетенций в рабочей программе дисциплины, выступают в качестве контролируемых результатов обучения в рамках освоения учебного материала дисциплины: знать, уметь, владеть.

### **2.1. Текущий контроль**

Текущий контроль для комплексного оценивания показателей знаний, умений и владений дисциплинарных частей компетенций (табл. 1) проводится в форме собеседования и защиты отчета о творческом задании.

#### **• Собеседование**

Для оценки **знаний** аспирантов проводится собеседование в виде специальной беседы преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной для выяснения объема знаний по определенному разделу, теме, проблеме.

Собеседование может выполняться в индивидуальном порядке или группой аспирантов.

Критерии и показатели оценивания собеседования отображены в шкале, приведенной в табл.

2.

Таблица 2

Уровень освоения	Критерии оценивания уровня освоения учебного материала
Зачтено	Аспирант достаточно свободно использует фактический материал по заданному вопросу, умеет определять причинно-следственные связи событий, логично и грамотно, с использованием профессиональной терминологии обосновывает свою точку зрения.
Незачтено	Аспирант демонстрирует полное незнание материала или наличие бессистемных, отрывочных знаний, связанных с поставленным перед ним вопросом, при этом не ориентируется в профессиональной терминологии.

- **Защита отчета о творческом задании**

Для оценки умений и владений аспирантов используется творческое задание, имеющее нестандартное решение и позволяющее интегрировать знания различных областей, аргументировать собственную точку зрения.

Творческие задания могут выполняться в индивидуальном порядке или группой аспирантов.

Критерии оценивания защиты отчета творческого задания отображены в шкале, приведенной в табл. 3.

Таблица 3

Уровень освоения	Критерии оценивания уровня освоения учебного материала
Зачтено	Аспирант выполнил творческое задание успешно, показав в целом систематическое или сопровождающееся отдельными ошибками <b>применение</b> полученных знаний и <b>умений</b> , аспирант ориентируется в предложенном решении, может его модифицировать при изменении условия задачи. Аспирант может объяснить полностью или частично полученные результаты.
Незачтено	Аспирант допустил много ошибок или не выполнил творческое задание.

## 2.2. Промежуточная аттестация

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего контроля. Аттестация проводится в виде зачета (3 семестр) по дисциплине в устно-письменной форме в виде теоретических вопросов (ТВ) для проверки знаний и практического задания (ПЗ) для проверки умений и владений заявленных дисциплинарных частей компетенций.

- **Шкалы оценивания результатов обучения при зачете:**

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных дисциплинарных компетенций проводится по шкале оценивания «зачтено», «незачтено» путем выборочного контроля во время зачета.

Типовые шкалы и критерии оценки результатов обучения при сдаче зачета для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в табл. 4 и табл. 5.

Таблица 4

### Шкала оценивания уровня знаний, умений и владений на зачете

Оценка	Критерии оценивания
Зачтено	Аспирант продемонстрировал сформированные или содержащие отдельные пробелы знания при ответе на теоретический вопрос билета. Показал сформированные или содержащие отдельные пробелы <b>знания</b> в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов правильно.  Аспирант выполнил контрольное задание билета правильно или с небольшими неточностями. Показал успешное или сопровождающееся отдельными ошибками <b>применение навыков</b> полученных знаний и <b>умений</b> при решении профессиональных задач

Оценка	Критерии оценивания
	в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов правильно.
<i>Незачтено</i>	При ответе на теоретический вопрос билета аспирант продемонстрировал фрагментарные <b>знания</b> при ответе на теоретический вопрос билета. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов. При выполнении контрольного задания билета аспирант продемонстрировал частично усвоенное <b>умение</b> и <b>применение</b> полученных навыков при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неточностей.

При оценке уровня сформированности дисциплинарных частей компетенций в рамках выборочного контроля при сдаче зачета считается, что дисциплинарная часть компетенции обобщается на все дисциплинарные части компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.

Общая оценка уровня сформированности всех дисциплинарных частей компетенций проводится с учетом результатов текущего контроля в виде интегральной оценки по системе оценивания «зачтено» и «незачтено».

Таблица 5

Оценочный лист уровня сформированности дисциплинарных частей компетенций на зачете

Итоговая оценка уровня сформированности дисциплинарных частей компетенций	Критерии оценивания компетенции
<i>Зачтено</i>	Аспирант получил по дисциплине оценку «зачтено»
<i>Незачтено</i>	Аспирант получил по дисциплине оценку «незачтено»

### 3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине

Задания для текущего контроля и проведения промежуточной аттестации должны быть направлены на оценивание:

1. уровня освоения теоретических понятий, научных основ профессиональной деятельности;
2. степени готовности аспиранта применять теоретические знания и профессионально значимую информацию и оценивание сформированности когнитивных умений.
3. приобретенных умений, профессионально значимых для профессиональной деятельности.

Задания для оценивания когнитивных умений (знаний) должны предусматривать необходимость проведения аспирантом интеллектуальных действий:

- по дифференциации информации на взаимозависимые части, выявлению взаимосвязей между ними и т.п.;
- по интерпретации и творческому усвоению информации из разных источников, ее системного структурирования;
- по комплексному использованию интеллектуальных инструментов учебной дисциплины для решения учебных и практических проблем.

При составлении заданий необходимо иметь в виду, что они должны носить практико-ориентированный комплексный характер и формировать закрепление осваиваемых компетенций.

### 4. Типовые контрольные вопросы и задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

**4.1. Типовые творческие задания:**

1. Задание «Структура металлов и сплавов».
2. Задание «Микроструктурный анализ строения (структуры) металлов и сплавов на оптическом металлографическом микроскопе с разрешающей способностью 200 нм».
3. Задание «Нано- и микроструктурный анализы структуры металлов и сплавов на электронном сканирующем микроскопе с разрешающей способностью порядка 4 нм».
4. Задание «Изучение структуры микрообъектов (например, атомных ядер) и природы фундаментальных сил».

**4.2. Типовые контрольные вопросы для оценивания знаний на зачете по дисциплине:**

1. Вопрос «Методы исследования атомной структуры веществ».
2. Вопрос «Оборудование для проведения микроструктурного анализа строения (структуры) металлов и сплавов».
3. Вопрос «Оборудование для проведения наноструктурного анализа строения (структуры) металлов и сплавов».
4. Вопрос «Метод проведения анализа химического состава приповерхностного слоя детали».

**4.3. Типовые контрольные задания для оценивания приобретенных умений и владений на зачете по дисциплине:**

1. Задание «Установить типа структуры металла по микрофотографии».
2. Задание «Определить средний размер зерна структурных составляющих».
3. Задание «Определить объемные доли структурных составляющих элементов структуры - неметаллических включений, границ зерен, отдельные структурных составляющих».
4. Задание «Исследовать морфологические особенности покрытий».

Полный комплект вопросов и заданий для сдачи зачета хранится на кафедре «ИТМ».

### Лист регистрации изменений

№ п.п.	Содержание изменения	Дата, номер протокола заседания кафедры. Подпись заведующего кафедрой
1	2	3
1		
2		
3		
4		