

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



**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет**

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по образовательной  
деятельности

 А.Б. Петроченков

« 09 » октября 20 23 г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Дисциплина:** Методы экспериментальных исследований  
(наименование)

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

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

**Общая трудоёмкость:** 252 (7)  
(часы (ЗЕ))

**Направление подготовки:** 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов  
(код и наименование направления)

**Направленность:** Материаловедение и технологии материалов (общий профиль,  
СУОС)  
(наименование образовательной программы)

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель - получение знаний по исследованиям объектов и систем различной природы, привитие навыков и умений выбора методов анализа и диагностики структуры, химического состава, морфологии объектов и материалов.

Задачи:

- теоретические основы методов исследования структуры, элементного, фазового состава, физико-механических характеристик материалов;
- принципы построения и работы оборудования для анализа материалов;
- основные характеристики приборов и оборудования для исследования структуры и свойств материалов, области их применения для решения определенных задач;
- обоснованный выбор метода анализа для исследования структуры и свойств материалов;
- комплексный подход к исследованию объектов разной природы;
- изучение теоретических основ экспериментальной механики, включая элементы теории напряженно-деформированного состояния и модели механического поведения упругих, пластических и вязкоупругих материалов;
- изучение устройства и принципов действия современных электромеханических и сервогидравлических систем для испытания материалов, оборудования для термомеханических воздействий, средств контроля нагрузок и перемещений, анализа полей деформаций, программных средств управления, сбора и обработки данных;
- формирование умений и навыков использования современных электромеханических и сервогидравлических систем для испытания материалов, оборудования для термомеханических воздействий, средств контроля нагрузок и перемещений, анализа полей деформаций, программных средств управления, сбора и обработки данных.

### 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- методы определения размеров объектов различной природы;
- дифракционные методы анализа;
- спектроскопические методы анализа;
- просвечивающая и сканирующая электронная, зондовая, туннельная и атомно-силовая микроскопия;
- перспективные методы анализа структуры и физико-механических характеристик материалов, приборы и оборудование.
- модели механического поведения материалов;
- методики экспериментального определения механических свойств, исследования закономерностей процессов деформирования и разрушения материалов и элементов конструкций;
- современные системы для испытания материалов (электромеханические, сервогидравлические, электродинамические испытательные системы);
- средства контроля нагрузок и перемещений (датчики нагрузок и перемещений, экстензометры), оптические системы анализа полей деформаций.

### 1.3. Входные требования

Не предусмотрены

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ОПК-4	ИД-1ОПК-4	Знает основные характеристики строения материалов различной природы, методы изучения их структуры, физико-механических свойств.	Знает основы проведения измерений и наблюдений; требования стандартов к измерениям и наблюдениям	Тест
ОПК-4	ИД-2ОПК-4	Умеет проводить анализ структуры и оценку свойств материалов с учетом требований российских и международных стандартов.	Умеет проводить измерения и наблюдения с учетом требований стандартов	Защита лабораторной работы
ОПК-4	ИД-3ОПК-4	Владеет навыками сбора, обработки и интерпретации результатов анализа структуры и свойств материалов измерений.	Владеет навыками обработки и представления экспериментальных данных	Защита лабораторной работы
ПКО-2	ИД-1ПКО-2	Знает строение металлов и сплавов, неметаллических материалов, их свойства; влияние способов различных видов обработки на изменения структуры и свойств материалов; правила работы с электронной конструкторско-технологической информацией.	Знает металлические и неметаллические конструкционные и инструментальные материалы, их свойства, типовые способы объемного и поверхностного упрочнения; методы определения эксплуатационных свойств деталей и инструментов; методы проведения структурного анализа материалов; основы теории и технологии термической и химико-термической обработки; основные зависимости эксплуатационных свойств деталей машин и приборов, инструментов от технологических факторов типовых режимов термической и химико-термической обработки; правила работы с электронной конструкторско-технологической информацией	Экзамен

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПКО-2	ИД-2ПКО-2	Умеет проводить обоснованный выбор методов и анализа структуры и свойств материалов различной природы; выполнять металлографические, спектроскопические, рентгеноструктурные исследования, измерения физико-механических характеристик.	Умеет осуществлять оптимальный выбор конструкционных и инструментальных материалов, в том числе с использованием информационных технологий; анализировать конструкторскую документацию на детали машин и приборов, на инструменты, подвергаемые типовым технологическим процессам термической и химико-термической обработки; производить измерения показателей, характеризующих эксплуатационные свойства деталей и инструментов; производить структурный анализ материалов; применять прикладные программные средства для моделирования условий эксплуатации деталей и инструмента	Тест
ПКО-2	ИД-3ПКО-2	Владеет навыками работы с технической документацией на приборы и оборудование, используемых в анализе структуры и свойств материалов; проведения обработки и интерпретации результатов анализа	Владеет навыками изучения технической документации на обрабатываемую деталь, инструмент; оптимального выбора металлических и неметаллических материалов для деталей машин, приборов и инструмента; выбора способа термической или химико-термической обработки; проведение контроля результатов типовых режимов термической и химико-термической обработки; Установления требований к эксплуатационным свойствам на основе моделирования условий эксплуатации	Защита лабораторной работы

### 3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		5	6
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	81	45	36
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	32	16	16
- лабораторные работы (ЛР)	18	18	
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	27	9	18
- контроль самостоятельной работы (КСР)	4	2	2
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	135	63	72
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	36		36
Дифференцированный зачет			
Зачет	9	9	
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	252	108	144

### 4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
5-й семестр				
Структура и методы ее исследования. Рентгеноструктурный анализ.	4	4	4	14
Введение. Структура и методы ее исследования. Классификация физических, физико-химических методов анализа и их сравнительная характеристика. Особенности и границы применения методов. Основы рентгеноструктурного анализа. Дифракция рентгеновских лучей на кристаллах. Уравнение Лауэ. Уравнение Вульфа-Брэгга. Экспериментальные методы рентгеноструктурного анализа.				
Микроскопические методы исследований.	2	4	2	12
Оптическая, электронная (сканирующая и просвечивающая), зондовая микроскопия. Возможности и границы применения методов.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Методы измерения размеров частиц.	2	4	2	12
Классификация методов измерения размеров частиц. Статистические величины в гранулометрическом анализе. Методы седиментации и лазерной дифракции в анализе размеров частиц.				
Анализ элементного состава веществ.	4	4	1	13
Спектроскопические методы исследования. Электронная спектроскопия. Рентгенофлуоресцентный анализ. Оже-спектроскопия. Фотоэлектронная спектроскопия. Ультрафиолетовая электронная спектроскопия. ИК- и КР-спектроскопия.				
Термический анализ.	4	2	0	12
Термогравиметрический, дифференциальный термический анализ. Обработка результатов, полученных с помощью ТГ, ДТА (ДТГ), ДСК.				
ИТОГО по 5-му семестру	16	18	9	63
<b>6-й семестр</b>				
Средства контроля нагрузок и перемещений, анализа полей деформаций	4	0	10	20
Принцип действия и основные виды датчиков регистрации усилий и перемещений, экстензометров, видеоэкстензометров. Оптический метод анализа полей деформаций. Состав и принцип работы цифровой оптической системы. Метод корреляции цифровых изображений				
Современные системы для испытания материалов	4	0	8	20
Общая характеристика современных испытательных комплексов. Основные виды управляемого воздействия на образец: растяжение-сжатие, кручение, сложное нагружение (растяжение-сжатие и кручение), двухосевое растяжение-сжатие, сложное напряженное состояние (растяжение и кручение трубчатых образцов с внутренним давлением), воздействие низких и высоких температур, агрессивных сред и иных физикохимических факторов. Принцип действия и устройство электромеханических испытательных систем. Испытания на растяжение, сжатие, трехточечный и четырехточечный изгиб, сдвиг, срез. Принцип действия и устройство сервогидравлических испытательных систем. Испытания на малоцикловую усталость, многоцикловую усталость и циклическую трещиностойкость. Принцип действия и устройство электродинамических испытательных систем. Принцип действия и устройство специального				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
оборудования для термомеханического нагружения. Климатические камеры, муфельные печи, сосуд Дьюара.				
Основные понятия и исходные положения. Основы экспериментальной механики	4	0	0	16
Предмет и задачи курса «Методы экспериментальных исследований». История развития методов экспериментальных исследований. Параметры напряженно-деформированного состояния. Модели механического поведения материалов: модели упругого поведения материалов, модели пластического деформирования материалов, модели вязкоупругого деформирования материалов. Основные механические характеристики материалов и методы их определения.				
Основные стандартные методы квазистатических испытаний конструкционных материалов	4	0	0	16
Перечень ГОСТов, ОСТов, РД и т.д. по квазистатическим испытаниям конструкционных материалов (металлов и сплавов, полимеров, армированных пластиков).				
ИТОГО по 6-му семестру	16	0	18	72
ИТОГО по дисциплине	32	18	27	135

#### Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Изучение устройства и принцип работы рентгеновской трубки.
2	Изучение устройства и принцип работы рентгеновского дифрактометра.
3	Изучение статистических величин в гранулометрическом анализе.
4	Подбор параметров анализа размера частиц в седиментационном методе. Интерпретация измерений размера частиц.
5	Использование лазерной дифракции в анализе размера частиц.
6	Оценка глубины проникновения X-лучей в рентгенофлуоресцентном анализе.

#### Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Качественный фазовый анализ вещества кубической сингонии.

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
2	Определение величин областей когерентного рассеяния.
3	Сканирующий электронный микроскоп. Устройство, принцип получения изображения.
4	Изучение устройства и принципа действия сканирующего фотоседиментографа.
5	Энергодисперсионный рентгенофлуоресцентный спектрометр. Устройство, принцип работы и выполнение анализа.

## 5. Организационно-педагогические условия

### 5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при котором учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установление связей с ранее освоенным материалом.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.

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

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.

### 5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

## 6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

### 6.1. Печатная учебно-методическая литература



№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
<b>1. Основная литература</b>		
1	Горелик С. С. Рентгенографический и электронно-оптический анализ : учебное пособие для вузов / С. С. Горелик, Ю. А. Скаков, Л. Н. Расторгуев. - Москва: Изд-во МИСиС, 2002.	27
2	Лившиц Б. Г. Металлография : учебник для вузов / Б. Г. Лившиц. - Москва: Металлургия, 1990.	38
<b>2. Дополнительная литература</b>		
<b>2.1. Учебные и научные издания</b>		
1	Брандон Д. Микроструктура материалов. Методы исследования и контроля : учебное пособие : пер. с англ. / Д. Брандон, У. Каплан. - М.: Техносфера, 2006.	11
2	Кларк Э. Р. Микроскопические методы исследования материалов / Кларк Э. Р., Эберхард К. Н. - Москва: Техносфера, 2007.	10
3	Материаловедение и технологии современных и перспективных материалов : конспект лекций : учебное пособие для вузов / С. А. Оглезнева [и др.]. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2013.	15
4	Синдо Д. Аналитическая просвечивающая электронная микроскопия : пер. с англ. / Д. Синдо, Т. Оикава. - М.: Техносфера, 2006.	14
5	Суворов Э. В. Материаловедение: методы исследования структуры и состава материалов : учебное пособие для академического бакалавриата / Э. В. Суворов. - Москва: Юрайт, 2019.	12
<b>2.2. Периодические издания</b>		
	Не используется	
<b>2.3. Нормативно-технические издания</b>		
	Не используется	
<b>3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины</b>		
	Не используется	
<b>4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента</b>		
	Не используется	

## 6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Термический анализ в изучении полимеров : учебное пособие / О. Т. Шипина, В. К. Мингазова, В. А. Петров, А. В. Косточко. - Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2014.	<a href="http://elib.pstu.ru/vufind/Record/iprbooks62010">http://elib.pstu.ru/vufind/Record/iprbooks62010</a>	локальная сеть; авторизованный доступ

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Основная литература	Бёккер Ю. Спектроскопия / Бёккер Ю. - Москва: Техносфера, 2009.	<a href="http://elib.pstu.ru/vufind/Record/lan73013">http://elib.pstu.ru/vufind/Record/lan73013</a>	локальная сеть; авторизованный доступ

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

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	Windows 10 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Dr.Web Enterprise Security Suite, 3000 лиц, ПНИПУ ОЦНИТ 2017

### 6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
База данных Scopus	<a href="https://www.scopus.com/">https://www.scopus.com/</a>
База данных Web of Science	<a href="http://www.webofscience.com/">http://www.webofscience.com/</a>
База данных компании Springer Customer Service Center GmbH	<a href="http://link.springer.com/">http://link.springer.com/</a> <a href="http://www.springerprotocols.com/">http://www.springerprotocols.com/</a> <a href="http://materials.springer.com/">http://materials.springer.com/</a> <a href="http://zbmath.org/">http://zbmath.org/</a> <a href="http://npg.com/">http://npg.com/</a>
База данных научной электронной библиотеки (eLIBRARY.RU)	<a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a>
База данных научной электронной библиотеки (eLIBRARY.RU)	<a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a>
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	<a href="http://lib.pstu.ru/">http://lib.pstu.ru/</a>
Электронно-библиотечная система IPRbooks	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	<a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a>
База данных компании EBSCO	<a href="https://www.ebsco.com/">https://www.ebsco.com/</a>
Информационно-справочная система нормативно-технической документации "Техэксперт: нормы, правила, стандарты и законодательства России"	<a href="https://техэксперт.сайт/">https://техэксперт.сайт/</a>

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

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
-------------	---	-------------------

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лабораторная работа	Микротвердомер ПМТ-3	2
Лабораторная работа	Оптический микроскоп МИМ-7	2
Лабораторная работа	Рентгенофлуоресцентный спектрометр EDX-800HS	1
Лабораторная работа	Сканирующий фотоседиментограф СФ-01	1
Лабораторная работа	Учебный лабораторный комплекс «Фемтоскан»	1
Лекция	Проектор, ноутбук	1
Практическое занятие	Макет просвечивающего электронного микроскопа	1
Практическое занятие	Макет рентгеновского дифрактометра ДРОН-0,5	1
Практическое занятие	Проектор, ноутбук	1

## 8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ПЕРМСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
для проведения промежуточной аттестации по дисциплине  
«Методы экспериментальных исследований» (ч.1)  
*Приложение к рабочей программе дисциплины*

**Направление подготовки:** 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов

**Направленность (профиль) образовательной программы:** Конструирование и производство изделий из композиционных материалов  
Материаловедение и технологии авиационно-космических материалов

**Квалификация выпускника:** «Бакалавр»

**Выпускающая кафедра:** Механика композиционных материалов и конструкций

**Форма обучения:** Очная

**Курс:** 3

**Семестр:** 5

**Трудоёмкость:**

Кредитов по рабочему учебному плану: 3 ЗЕ

Часов по рабочему учебному плану: 108 ч.

**Форма промежуточной аттестации:**

Зачет: 5 семестр

Пермь 2023

**Фонд оценочных средств** для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине разработан в соответствии с общей частью фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации основной образовательной программы, которая устанавливает систему оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине устанавливает формы и процедуры текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

### **1.Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине, объекты оценивания и виды контроля**

#### **1.2. Этапы формирования дисциплинарных частей компетенций, объекты оценивания и виды контроля**

Согласно РПД освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра (5-го семестра учебного плана) и разбито на 3 учебных модуля. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные, лабораторные и практические занятия, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируется компоненты компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения по дисциплине (табл. 1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, сдаче отчетов по практическим и лабораторным работам и дифференцированного зачета. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты освоения дисциплины (ЗУВы)	Вид контроля					
	Текущий	Рубежный				Итоговый
	ТК	ПК	ПЗ	ЛР	РГР	Зачет
<b>Усвоенные знания</b>						
основные характеристики строения материалов различной природы, методы изучения их структуры, физико-механических свойств	+	+	+	+		
строение металлов и сплавов, неметаллических материалов, их свойства; влияние способов различных видов обработки на изменения структуры и свойств материалов; правила работы с электронной конструкторско-технологической информацией.			+	+	+	+

<b>Освоенные умения</b>						
проводить анализ структуры и оценку свойств материалов с учетом требований российских и международных стандартов;			+	+		
проводить обоснованный выбор методов и анализа структуры и свойств материалов различной природы; выполнять металлографические, спектроскопические, рентгеноструктурные исследования, измерения физико-механических характеристик			+	+		+
<b>Приобретенные владения</b>						
навыками сбора, обработки и интерпретации результатов анализа структуры и свойств материалов измерений;			+	+	+	
навыками работы с технической документации на приборы и оборудование, используемых в анализе структуры и свойств материалов; проведения обработки и интерпретации результатов анализа		+	+	+	+	+

Примечание:

ТК – текущий контроль в форме контрольной работы (контроль знаний по теме);

ПК – промежуточный контроль в форме контрольной работы (контроль знаний по теме);

ПЗ – выполнение практических работ (оценка умений);

ЛР – выполнение лабораторных работ с подготовкой отчёта (оценка владения);

РГР – расчетно-графические работы (оценка умений и владений).

Итоговой оценкой достижения является промежуточная аттестация в виде дифференцированного зачета, проводимая с учётом результатов текущего и рубежного контроля.

## **2. Виды контроля, типовые контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения**

Текущий контроль успеваемости имеет целью обеспечение максимальной эффективности учебного процесса, управление процессом формирования заданных компетенций обучающихся, повышение мотивации к учебе и предусматривает оценивание хода освоения дисциплины. В соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в ПНИПУ предусмотрены следующие виды и периодичность текущего контроля успеваемости обучающихся:

- входной контроль, проверка исходного уровня подготовленности обучающегося и его соответствия предъявляемым требованиям для изучения данной дисциплины;

- текущий контроль усвоения материала (уровня освоения компонента «знать» заданных компетенций) на каждом групповом занятии и контроль посещаемости лекционных занятий;

- промежуточный и рубежный контроль освоения обучаемыми отдельных компонентов «знать», «уметь» заданных компетенций путем компьютерного или бланчного тестирования, контрольных опросов, контрольных работ (индивидуальных домашних заданий), защиты отчетов по лабораторным работам, рефератов, эссе и т.д.

Рубежный контроль по дисциплине проводится на следующей неделе после прохождения модуля дисциплины, а промежуточный – во время каждого контрольного мероприятия внутри модулей дисциплины;

- межсессионная аттестация, единовременное подведение итогов текущей успеваемости не менее одного раза в семестр по всем дисциплинам для каждого направления подготовки (специальности), курса, группы;

- контроль остаточных знаний.

### **2.1. Текущий контроль усвоения материала**

Текущий контроль усвоения материала в форме собеседования или выборочного теоретического опроса студентов проводится по каждой теме. Результаты по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

По темам, имеющим большую теоретическую нагрузку для контроля знаний (табл. 1.1) проводятся контрольные работы. Качество и полнота ответов на вопросы оценивается по 4-балльной шкале, заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

### **2.2. Рубежный контроль**

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений (табл. 1.1) проводится в форме выполнения индивидуальных заданий (реферат), защиты практических и лабораторных работ, расчетно-графических работ и рубежных контрольных работ (после изучения каждого модуля учебной дисциплины).

#### **2.2.1. Защита практических и лабораторных работ**

Всего запланировано 4 практических и 3 лабораторных работ. Типовые темы практических и лабораторных работ приведены в РПД.

Защита практической и лабораторной работ проводится индивидуально каждым студентом или группой студентов. Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС образовательной программы.

#### **2.2.2. Защита индивидуальных заданий.**

Защита индивидуальных заданий проводится каждым студентом в виде устного доклада по заданной теме, сопровождаемого визуальным рядом (презентация, видео и т.п) и примерами практического применения представленных методов исследований.. Результаты защиты ИЗ по 4-балльной шкале оценивания учитываются при проведении промежуточной аттестации. Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС образовательной программы.

Примеры индивидуальных заданий:

- 1) Сканирующий конфокальный микроскоп.

- 2) Спектроскопия рентгеновского поглощения EXAFS.
- 3) Просвечивающая электронная микроскопия высокого разрешения.
- 4) Исследование материалов с использованием синхротронного излучения.
- 5) Современные методы анализа теплопроводности.
- 6) Фемто- и наносекундная спектроскопия.
- 7) Ультразвуковые методы измерений.
- 8) Терагерцовая спектроскопия.
- 9) Профилометрия.
- 10) Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия.
- 11) Методы исследования реологических свойств материалов.  
Вискозиметрия.
- 12) Компьютерная томография материалов и изделий.
- 13) Эффект Оже. Оже-спектроскопия.
- 14) Люминесцентная микроскопия.
- 15) Спектроскопия комбинационного рассеяния.
- 16) Масс-спектрометрический метод анализа.
- 17) Видеоизмерения.

### **2.2.2. Рубежная контрольная работа**

Согласно РПД запланировано 3 рубежных контрольных работ (Т/КР) после освоения студентами учебных модулей дисциплины и заключительный тест. Первая Т/КР по модулю 1 «Рентгеноструктурный анализ», вторая Т/КР – по модулю 2 «Микроскопические методы исследований», третья Т/КР – по модулю 3 «Спектроскопические методы исследований». Пример тестовых заданий приведен в Приложении 1.

#### **Типовые вопросы и задания первой Т/КР:**

- 1) Классификация физических, физико-химических методов анализа и их сравнительная характеристика.
- 2) Дифракция рентгеновских лучей на кристаллах. Уравнение Лауэ.
- 3) Уравнение Вульфа-Брэгга.
- 4) Основные методы рентгеноструктурного анализа.

#### **Типовые вопросы и задания второй Т/КР:**

- 1) Оптическая микроскопия. Возможности и границы применения методов.
- 2) Сканирующая электронная микроскопия. Возможности и границы применения методов.
- 3) Просвечивающая электронная микроскопия. Возможности и границы применения методов.
- 4) Сканирующая зондовая микроскопия. Возможности и границы применения методов.
- 5) Методы седиментации в анализе размеров частиц.
- 6) Методы лазерной дифракции в анализе размеров частиц.

#### **Типовые вопросы и задания третьей Т/КР:**

- 1) Электронная спектроскопия.
- 2) Рентгенофлуоресцентный анализ.
- 3) Оже-спектроскопия.



- 4) Фотоэлектронная спектроскопия.
- 5) Ультрафиолетовая электронная спектроскопия.
- 6) ИК- и КР-спектроскопия.
- 7) КР-спектроскопия.

### **2.2.3. Выполнение расчетно-графической работы.**

Всего запланировано 2 расчетно-графические работы. Типовые темы расчетно-графических работ приведены в РПД.

Типовые шкала и критерии оценки результатов выполнения расчетно-графической работы приведены в общей части ФОС образовательной программы.

### **2.3. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)**

Промежуточная аттестация обучающихся ориентирована на оценку освоения заданных компетенций по достигнутым результатам обучения: приобретенным знаниям, умениям и навыкам. В конце изучения дисциплины для оценивания окончательных результатов обучения предусмотрена промежуточная аттестация в виде **зачета**.

## Пример тестового задания

**Вариант 1**

**1. Области генерации Оже-электронов в образце формируются на глубине:**

- А) 200 нм
- Б) 100 нм
- В) 10 нм
- Г) 1 нм

**2. К основным регистрируемым сигналам относятся:**

- А) электронные и фотонные,
- Б) только электронные
- В) только фотонные

**3. При упругом рассеянии электронов меняется**

- А) направление движения электрона
- Б) направление движения и его энергия
- В) его энергия

**7. Детектор Эверхарта-Торнли – это детектор**

- А) Оже-электронов
- Б) первичных электронов
- В) вторичных электронов

**11. При изучении изоляторов в СЭМ необходимо выполнения условия**

- А) низкая температура нагрева образца
- Б) высокая интенсивность пучка электронов
- В) стекание заряда на поверхности

**12. При исследовании с помощью СЭМ незнакомого образца сначала нужно выставить ускоряющее напряжение**

- А) от 0,1 до 5 кВ и зондовый ток от 20 до 30 пА.
- Б) от 10 до 30 кВ и зондовый ток от 200 до 300 пА
- В) от 30 до 100 кВ и зондовый ток от 200 до 300 пА.

**13. С помощью спектроскопических методов получают сведения**

- А) о химическом составе материала
- Б) о физических свойствах материала
- В) о механических свойствах материала

**14. Количественный анализ в методе электронного микрозонда основан**

- А) на измерении отношения интенсивности одной и той же линии в образце и в эталоне
- Б) на измерении отношения интенсивности разных линий в образце
- В) на измерении интенсивности линии в образце

**15. Наименьший анализируемый объем в методе электронного микрозонда:**

- А) 100 куб. мкм
- Б) 10 куб. мкм
- В) 1 куб.мкм

**16. Зная величину  $h\nu$  и  $E_{кин.}$ , которую измеряют с помощью электронного спектрометра, можно**

- А) определить длину свободного пробега электрона
- Б) определить энергию связи электрона
- В) интенсивность первичного излучения

**21. Синхротронное излучение — это**

- А) магнитотормозное электромагнитное излучение, испускаемое релятивистскими заряженными частицами, когда постоянное магнитное поле заставляет их двигаться по круговым орбитам.
- Б) электромагнитное излучение, испускаемое релятивистскими заряженными частицами, когда постоянное магнитное поле заставляет их тормозиться.
- В) выход рентгеновских квантов, определяемый интенсивностью и энергией первичного излучения

**23. Сущность флюоресцентного метода рентгеноспектрального анализа.**

- А) выход рентгеновских квантов определяется первичным излучением
- Б) выход рентгеновских квантов определяется интенсивностью и энергией первичного излучения
- В) выход вторичного излучения определяется первичным излучением (рентгеновским излучением)

**29. Чувствительность элементного анализа метода РСА определяется**

- А) Интенсивностью первичного излучения
- Б) Геометрическими параметрами измерения
- В) Шириной линии вторичного излучения

**32. Рентгеновские спектры состоят из серий, обозначаемых буквами**

- А) К, L, M, N, O
- Б) 1, 2, 3, 4
- В) A, B, C, D

**34. Закона Бугера–Ламберта–Бэра отражает**

- А) Снижение интенсивности вторичного излучения по глубине образца  
 $I = I_0(x)$
- Б) Увеличение интенсивности вторичного излучения по глубине образца  
 $I = I_0 \exp(-\mu_l x)$
- В) Снижение интенсивности первичного излучения по глубине образца  
 $I = I_0 \exp(-\mu_l x)$

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ПЕРМСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
для проведения промежуточной аттестации по дисциплине  
«Методы экспериментальных исследований» (ч.2)  
*Приложение к рабочей программе дисциплины*

**Направление подготовки:** 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов

**Направленность (профиль) образовательной программы:** Конструирование и производство изделий из композиционных материалов  
Материаловедение и технологии авиационно-космических материалов

**Квалификация выпускника:** «Бакалавр»

**Выпускающая кафедра:** Механика композиционных материалов и конструкций

**Форма обучения:** Очная

**Курс:** 3

**Семестр:** 6

**Трудоёмкость:**

Кредитов по рабочему учебному плану: 4 ЗЕ

Часов по рабочему учебному плану: 144 ч.

**Форма промежуточной аттестации:**

Экзамен: 6 семестр

Пермь 2023

**Фонд оценочных средств** для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине разработан в соответствии с общей частью фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации основной образовательной программы, которая устанавливает систему оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине устанавливает формы и процедуры текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

### **1.Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине, объекты оценивания и виды контроля**

#### **1.2. Этапы формирования дисциплинарных частей компетенций, объекты оценивания и виды контроля**

Согласно РПД освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра (6-го семестра учебного плана) и разбито на 3 учебных модуля. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные, лабораторные и практические занятия, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируется компоненты компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения по дисциплине (табл. 1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, сдаче отчетов по практическим и лабораторным работам и дифференцированного зачета. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты освоения дисциплины (ЗУВы)	Вид контроля					
	Текущий	Рубежный				Итоговый
	ТК	ПК	ПЗ	ЛР	РГР	Экзамен
<b>Усвоенные знания</b>						
- основные характеристики строения материалов различной природы, методы изучения их структуры, физико-механических свойств	+	+	+			
- строение металлов и сплавов, неметаллических материалов, их свойства; влияние способов различных видов обработки на изменения структуры и свойств материалов; правила работы с электронной конструкторско-технологической информацией.			+			+

<b>Освоенные умения</b>						
- проводить анализ структуры и оценку свойств материалов с учетом требований российских и международных стандартов;			+			
- проводить обоснованный выбор методов и анализа структуры и свойств материалов различной природы; выполнять металлографические, спектроскопические, рентгеноструктурные исследования, измерения физико-механических характеристик			+			+
<b>Приобретенные владения</b>						
- навыками сбора, обработки и интерпретации результатов анализа структуры и свойств материалов измерений;			+			
- навыками работы с технической документацией на приборы и оборудование, используемых в анализе структуры и свойств материалов; проведения обработки и интерпретации результатов анализа		+	+			+

Примечание:

ТК – текущий контроль в форме контрольной работы (контроль знаний по теме);

ПК – промежуточный контроль в форме контрольной работы (контроль знаний по теме);

ПЗ – выполнение практических работ (оценка умений);

ЛР – выполнение лабораторных работ с подготовкой отчёта (оценка владения);

РГР – расчетно-графические работы (оценка умений и владений).

Итоговой оценкой достижения является промежуточная аттестация в виде дифференцированного зачета, проводимая с учётом результатов текущего и рубежного контроля.

## **2. Виды контроля, типовые контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения**

Текущий контроль успеваемости имеет целью обеспечение максимальной эффективности учебного процесса, управление процессом формирования заданных компетенций обучаемых, повышение мотивации к учебе и предусматривает оценивание хода освоения дисциплины. В соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в ПНИПУ предусмотрены следующие виды и периодичность текущего контроля успеваемости обучающихся:

- входной контроль, проверка исходного уровня подготовленности обучаемого и его соответствия предъявляемым требованиям для изучения данной дисциплины;

- текущий контроль усвоения материала (уровня освоения компонента «знать» заданных компетенций) на каждом групповом занятии и контроль посещаемости лекционных занятий;

- промежуточный и рубежный контроль освоения обучаемыми отдельных компонентов «знать», «уметь» заданных компетенций путем компьютерного или бланчного тестирования, контрольных опросов, контрольных работ (индивидуальных домашних заданий), защиты отчетов по лабораторным работам, рефератов, эссе и т.д.

Рубежный контроль по дисциплине проводится на следующей неделе после прохождения модуля дисциплины, а промежуточный – во время каждого контрольного мероприятия внутри модулей дисциплины;

- межсессионная аттестация, единовременное подведение итогов текущей успеваемости не менее одного раза в семестр по всем дисциплинам для каждого направления подготовки (специальности), курса, группы;

- контроль остаточных знаний.

### **2.1. Текущий контроль усвоения материала**

Текущий контроль усвоения материала в форме собеседования или выборочного теоретического опроса студентов проводится по каждой теме. Результаты по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

По темам, имеющим большую теоретическую нагрузку для контроля знаний (табл. 1.1) проводятся контрольные работы. Качество и полнота ответов на вопросы оценивается по 4-балльной шкале, заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

### **2.2. Рубежный контроль**

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений (табл. 1.1) проводится в форме выполнения индивидуальных заданий (реферат), защиты практических и лабораторных работ, расчетно-графических работ и рубежных контрольных работ (после изучения каждого модуля учебной дисциплины).

#### **2.2.1. Защита практических и лабораторных работ**

Всего запланировано 9 практических работ. Типовые темы практических и лабораторных работ приведены в РПД.

Защита практической работы проводится индивидуально каждым студентом или группой студентов. Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС образовательной программы.

#### **2.2.2. Рубежная контрольная работа**

Согласно РПД запланировано 3 рубежных контрольных работ (Т/КР) после освоения студентами учебных модулей дисциплины и заключительный тест. Первая Т/КР по модулю 1 «Средства контроля нагрузок и перемещений, анализа полей деформаций», вторая Т/КР – по модулю 2 «Современные системы для испытания материалов», третья Т/КР – по модулю 3 «Основные понятия и исходные положения. Основы экспериментальной механики».

#### **Типовые вопросы и задания первой Т/КР:**

- 5) Перечислите основные системы и конструкции испытательных машин.
- 6) В чем различие жесткого и мягкого нагружения.

- 7) Классифицируйте захваты универсальных испытательных машин по конструктивному признаку.
- 8) Какие устройства применяются для измерения деформации? В какой сигнал преобразуется деформация?
- 9) На каком принципе основана работа силоизмерителей? Виды конструктивного исполнения силоизмерителей. В какой сигнал преобразуется действующее усилие?
- 10) Какие типы оборудования применяются для испытаний при пониженной и повышенной температурах, в чем их различие и каковы ограничения их применимости?
- 11) Перечислите важнейшие функциональные характеристики современных испытательных комплексов.

#### **Типовые вопросы и задания второй Т/КР:**

- 7) Основные элементы электромеханических испытательных систем.
- 8) Основные элементы сервогидравлических испытательных систем.
- 9) Основные элементы электродинамических испытательных систем.
- 10) Устройства для проведения температурных испытаний.
- 11) Акустико-эмиссионная система регистрации повреждений.

#### **Типовые вопросы и задания третьей Т/КР:**

- 8) Параметры напряженных состояний. Понятие напряжения.
- 9) Параметры деформированных состояний. Деформация элементарного объема.
- 10) Основные модели механического поведения материалов..
- 11) Основные механические характеристики. Упругие постоянные.
- 12) Модели вязкоупругого деформирования материалов.
- 13) Динамические испытания, виды.

### **2.3. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)**

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача всех лабораторных работ и положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

Промежуточная аттестация, согласно РПД, проводится в виде экзамена по дисциплине устно по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний, практические задания (ПЗ) для проверки освоенных умений и комплексные задания (КЗ) для контроля уровня приобретенных владений всех заявленных компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролирующие уровень сформированности *всех* заявленных компетенций. Форма билета представлена в общей части ФОС образовательной программы.

#### **2.3.1. Типовые вопросы и задания для экзамена по дисциплине**

Вопросы к экзамену

1. Предмет и задачи экспериментальной механики материалов.



2. Постулат макрофизической определенности А.А. Ильюшина. Ограничения к постулату. Основные гипотезы.

3. Современные системы для испытания материалов. Основные характеристики испытательных систем. Виды воздействия на образец. Основные системы испытательных машин. Важнейшие функциональные характеристики.

4. Типы электромеханических испытательных систем. Основные элементы, конструкция, порядок проведения испытаний. УИМ Instron 5882.

5. Сервогидравлические испытательные машины. Виды испытаний, основные элементы, конструкция, УИМ Instron 8801, двухосевая сервогидравлическая испытательная система ИМ Instron 8850.

6. Электродинамические испытательные машины. Виды испытаний, конструкция, комплектность,

7. Датчики нагрузок и перемещений. Конструкция, характеристики, компенсация инерционных сил.

8. Устройства для проведения температурных испытаний. Климатические камеры, муфельные печи, индуктивные нагреватели, камерные вакуумные высокотемпературные ИМ. Термосканирование.

9. Бесконтактная видеосистема анализа деформаций. Видеоэкстензометр, принцип работы. Калибровка, тестирование, настройка.

10. Акустико-эмиссионная система регистрации повреждений, Акустическая эмиссия. Акустический регистратор, принцип регистрации. Возможности акустических комплексов.

11. Параметры напряженных состояний. Понятие напряжения, напряженное состояние в точке.

12. Параметры деформированных состояний. Деформация элементарного объема. Виды деформаций.

13. Реализация сложного напряженно-деформированного состояния в эксперименте. Этапы эксперимента.

14. Основные модели механического поведения материалов. Основные механические характеристики. Упругие постоянные. Различие изотропных и анизотропных материалов. Критерий Треска-Сен-Венана.

15. Модели вязкоупругого деформирования материалов. Ползучесть, релаксация. Основные механические характеристики

16. Экспериментальное определение характеристик упругости, Определение модуля Юнга, коэффициента Пуассона, модуля сдвига, модуля объемной деформации.

17. Экспериментальное определение характеристик пластичности.

18. Экспериментальное определение характеристик вязкоупругости.

19. Экспериментальное определение характеристик прочности. Основные виды испытаний, определяемые характеристики. Графические методы определения пределов по диаграммам.

20. Экспериментальное определение характеристик усталости материалов. Усталость, кривая Веллера, Зависимость предела усталости от длины трещины.

21. Экспериментальное определение характеристик трещиностойкости и циклической трещиностойкости. Виды образцов, типы диаграмм, определяемые величины и характеристики.

22. Динамические испытания, виды. Виды датчиков.

23. Особенности экспериментальных исследований свойств композитов. Основные виды испытаний. Определяемые величины.

24. Экспериментальное определение твердости. Методы определения твердости индентированием и динамические методы.

### **Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:**

**Типовые комплексные задания для контроля освоенных умений и контроля приобретенных владений** представлены в приложении 1. *Полный перечень теоретических вопросов и практических заданий в форме утвержденного комплекта экзаменационных билетов хранится на выпускающей кафедре.*

### **2.3.2. Шкалы оценивания результатов обучения на экзамене**

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

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче экзамена для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в общей части ФОС образовательной программы.

## **3. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов и компетенций**

### **3.1. Оценка уровня сформированности компонентов компетенций**

При оценке уровня сформированности компетенций в рамках выборочного контроля при экзамене считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в билете компетенции обобщается на соответствующий компонент всех компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

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

### **3.2. Оценка уровня сформированности компетенций**

Общая оценка уровня сформированности всех компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент формируемых компетенций, с учетом результатов текущего и рубежного контроля в виде интегральной оценки по 4-х балльной шкале. Все результаты контроля заносятся в оценочный лист и заполняются преподавателем по итогам промежуточной аттестации.

Форма оценочного листа и требования к его заполнению приведены в

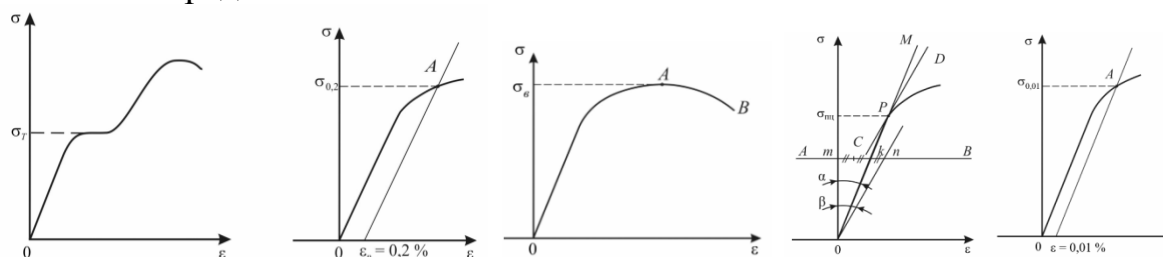
общей части ФОС образовательной программы.

При формировании итоговой оценки промежуточной аттестации в виде экзамена используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС образовательной программы.

## Приложение 1.

### Типовые комплексные задания для контроля освоенных умений и контроля приобретенных владений

1. Какие механические характеристики можно определить из представленных диаграмм. Расположите диаграммы в порядке убывания значения определяемой величины



2. Какой вид нагружения реализован на иллюстрации? Какое напряженное состояние реализуется в этом случае?

