

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

« 16 » сентября 20 22 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: Физические основы прочности и пластичности
(наименование)

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

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

Общая трудоёмкость: 108 (3)
(часы (ЗЕ))

Направление подготовки: 28.03.03 Наноматериалы
(код и наименование направления)

Направленность: Конструкционные наноматериалы
(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

Формирование комплекса знаний, умений и навыков в области исследования физических основ пластичности и прочности материалов. Изучение ключевых механизмов неупругого деформирования и разрушения. Привитие навыков и умения физического анализа механизмов неупругого деформирования и разрушения поликристаллических металлов и сплавов, адекватного математического описания этих механизмов.

Задачи дисциплины:

- формирование знаний
 - ключевых механизмов неупругого деформирования и разрушения металлов;
 - базовых моделей механики трещин;
 - основных закономерностей формирования и эволюции дислокационных структур монокристаллов и поликристаллов металлических систем;
 - экспериментальных закономерностей пластического деформирования и разрушения материалов,
 - экспериментальных методик исследования поведения твердого тела при различных типах нагружения.
- формирование умений
 - применения существующих теорий деформирования и разрушения для модификаций существующих моделей при решении конкретных проблем;
 - получения и использования экспериментальных данных для верификации модели.
- формирование навыков
 - владеть навыками решения задач, связанных с исследованием прочности и пластичности материалов.

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- основные понятия и определения физики твердого тела в целом и теории дефектов – в особенности; механики деформирования и разрушения;
- физико-механические основы и физические механизмы, ответственные за неупругое деформирование и разрушение металлов и сплавов;
- основные модели механики трещин;
- современные экспериментальные данные исследования поведения неупругого деформирования и разрушения материалов;
- современные теоретические и модельные представления при изучении реакции твердых тел на различные типы воздействий.

1.3. Входные требования

Знания основ физики, механики сплошных сред, дифференциального исчисления, тензорного анализа

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 |
|-------------|-------------------|---|--|-----------------|
|-------------|-------------------|---|--|-----------------|

| Компетенция | Индекс индикатора | Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть) | Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения | Средства оценки |
|-------------|-------------------|---|--|------------------------|
| ПК-1.2 | ИД-1ПК-1.2 | Знает экспериментальные закономерности и теоретические модели фундаментальных процессов и явлений, перспективы развития физики пластичности и прочности металлических систем. Механизмы деформирования и разрушения | Знает системы вычислительной математики для решения задач в области прикладной механики, методы получения наноструктур и наноматериалов; основные принципы структурного упрочнения материалов; | Зачет |
| ПК-1.2 | ИД-2ПК-1.2 | Умеет анализировать экспериментальные и теоретические данные по физике пластичности и прочности металлических систем, эффективно использовать теоретические компоненты физики пластичности и прочности для решения профессиональных задач | Умеет применять информационные и компьютерные технологии сбора в научной и познавательной деятельности, применять физико-математические методы для решения практических задач с помощью систем вычислительной математики; | Индивидуальное задание |
| ПК-1.2 | ИД-3ПК-1.2 | Владеет профессиональными навыками создания и использования простейших математических моделей пластической деформации и разрушения | Владеет навыками создания и использования простейших математических моделей пластической деформации и разрушения; навыками анализа дефектной структуры кристаллических тел, методами теоретических исследований в области физики твердого тела; навыками применения систем вычислительной математики; программными средствами для проведения вычислительных экспериментов. | Индивидуальное задание |

3. Объем и виды учебной работы

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

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 | |
| 6-й семестр | | | | |

| Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием | Объем аудиторных занятий по видам в часах | | | Объем внеаудиторных занятий по видам в часах |
|---|---|----|----|--|
| | Л | ЛР | ПЗ | СРС |
| Типология, классификация и идентификация физических основ пластичности | 6 | 0 | 5 | 30 |
| <p>Введение.</p> <p>Тема 1. Дефекты кристаллической решетки. Точечные дефекты, вакансии. Диффузионный механизм пластичности. Механизмы неупругого деформирования, консервативное и неконсервативное движение дислокаций, их взаимодействие между собой и с другими дефектами.</p> <p>Тема 2. Теоретическая прочность кристаллов на сдвиг. Атомная модель сдвига по Френкелю. Соотношение между теоретической и экспериментально наблюдаемой прочностью на сдвиг. Критерий текучести Шмида, касательные напряжения, уравнение Орована. Общие закономерности пластичного течения в кристаллах. Кристаллографическая природа скольжения. Системы скольжения в кристаллах.</p> <p>Тема 3. Механизмы и законы упрочнения систем скольжения, активное и латентное упрочнение, влияние границ зерен. Локализация пластических деформаций, влияние геометрии образца. Анализ касательных напряжений в системах скольжения. Влияние ориентации кристалла на предел текучести. Кинематика пластического деформирования кристаллитов. Трансляционная и ротационная моды деформации, двойникование.</p> <p>Тема 4. Теория деформационного упрочнения монокристаллов, кривые течения монокристаллов с различным типом решетки. Стадии упрочнения в кубических и гексагональных кристаллах. Общие закономерности пластического течения на разных стадиях деформирования. Физические механизмы упрочнения кристаллов. Дислокационная модель скольжения и скопления дислокаций на разных стадиях упрочнения.</p> <p>Тема 5. Эволюция дефектной структуры в процессе глубоких пластических деформаций. Клубки и сплетения дислокаций. Ячеистая дислокационная структура. Модели близкодействующего и далекодействующего взаимодействия дислокаций. Коллективные эффекты в дислокационных ансамблях. Разориентированные ячеистые структуры. Полосовые структуры. Фрагментация кристаллов. Ротационные моды деформации. Носители ротационной пластичности.</p> | | | | |
| Физические основы прочности | 10 | 0 | 13 | 42 |
| Тема 6. Механизмы разрушения. Механизмы зарождения и роста трещин и пор. Раскалывающие дислокации. Предельная деформация и разрушение | | | | |

| Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием | Объем аудиторных занятий по видам в часах | | | Объем внеаудиторных занятий по видам в часах |
|---|---|----|----|--|
| | Л | ЛР | ПЗ | СРС |
| металлов. Критическая фрагментированная структура деформируемых металлов. Характеристика трещин при внутризеренном разрушении. Температурная зависимость разрушения и ее связь с механизмами разрушения. Тема 7. Взаимодействие трещин с границами зерен и субзерен. Скачкообразное распространение трещин. Дислокационные трещины и границы. Барьерное действие границ зерен. Энергия взаимодействия трещин с межзеренной границей. Взаимодействие трещин с двойниками, включениями и полосами скольжения. Тема 8. Прочность материалов. Идеально пластическое разрушение, предельная нагрузка. Вязкое разрушение в условиях ползучести. Хрупко-вязкое разрушение, хрупкие разрушения. Накопление повреждений при усталостных нагружениях. Связь дефектной структуры с механизмами разрушения. | | | | |
| ИТОГО по 6-му семестру | 16 | 0 | 18 | 72 |
| ИТОГО по дисциплине | 16 | 0 | 18 | 72 |

Тематика примерных практических занятий

| № п.п. | Наименование темы практического (семинарского) занятия |
|--------|--|
| 1 | Поля напряжений и перемещений дислокаций в изотропной упругой среде. Взаимодействие дислокаций с другими дефектами решетки. Диффузия в анизотропных кристаллах. |
| 2 | Условие текучести Шмида, определение поверхности текучести ГЦК, ОЦК и ГПУ монокристаллов. Механизмы и законы упрочнения систем скольжения, активное и латентное упрочнение, влияние границ зерен. |
| 3 | Вывод кинематических соотношений для описания пластического деформирования кристаллитов. Определение пластических деформаций за счет скольжения дислокаций и двойникования. Описание ротации кристаллической решетки. Установление влияния ориентации монокристалла на предел текучести. |

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.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, 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, индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

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

6.1. Печатная учебно-методическая литература

| № п/п | Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц) | Количество экземпляров в библиотеке |
|---------------------------------------|---|---|
| 1. Основная литература | | |
| 1 | Введение в математическое моделирование : учебное пособие / Ашихмин В. Н., Гитман М. Б., Келлер И. Э., Наймарк О.Б., Столбов В. Ю., Трусов П. В., Фрик П.Г. М : Логос, 2007. 439 с. | 35 |
| 2 | Победря Б. Е., Георгиевский Д. В. Основы механики сплошной среды : курс лекций учебное пособие для вузов. Москва : Физматлит, 2006. 272 с. | 20 |
| 2. Дополнительная литература | | |
| 2.1. Учебные и научные издания | | |
| 1 | Качанов Л. М. Основы механики разрушения. М. : Наука : Физматлит, 1974. 311 с. | 7 |

| | | |
|---|---|---|
| 2 | Рыбин В. В. Большие пластические деформации и разрушение металлов. Москва : Металлургия, 1986. 224 с. | 2 |
| 3 | Трусов П. В., Волегов П. С., Кондратьев Н. С. Физические теории пластичности : учебное пособие. Пермь : Изд-во ПНИПУ, 2013. 243 с. 19,67 усл. печ. л. | 5 |
| 4 | Хоникомб Р.В. Пластическая деформация металлов : пер. с англ. М. : Мир, 1972. 408 с. | 4 |
| 2.2. Периодические издания | | |
| 1 | Деформация и разрушение материалов : научно-технический и производственный журнал. Москва : Наука и технологии, 2004 - . | |
| 2 | Проблемы прочности : международный научно-технический журнал. Киев : Изд-во Института проблем прочности НАН УССР, 1969 - . | |
| 3 | Физика твердого тела : журнал. Санкт-Петербург : Наука, 1959 - . | |
| 4 | Физическая мезомеханика : журнал. Томск : Ин-т физики прочности и материаловедения СО РАН, 1998 - . | |
| 2.3. Нормативно-технические издания | | |
| | Не используется | |
| 3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины | | |
| | Не используется | |
| 4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента | | |
| | Не используется | |

6.2. Электронная учебно-методическая литература

| Вид литературы | Наименование разработки | Ссылка на информационный ресурс | Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ) |
|---------------------------|--|---|---|
| Дополнительная литература | Введение в математическое моделирование. Ашихмин В. Н., Гитман М. Б., Келлер И. Э., Наймарк О. Б., Столбов В. Ю., Трусов П. В., Фрик П. Г. | https://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2392 | локальная сеть; авторизованный доступ |
| Основная литература | Основы механики сплошной среды. Победря Б. Е., Георгиевский Д. В. | https://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib6101 | локальная сеть; авторизованный доступ |
| Основная литература | Физические теории пластичности. Трусов П. В., Волегов П. С., Кондратьев Н. С. | https://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-160923 | локальная сеть; свободный доступ |

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

| Вид ПО | Наименование ПО |
|----------------------|---|
| Операционные системы | Windows 10 (подп. Azure Dev Tools for Teaching) |

| Вид ПО | Наименование ПО |
|--|--|
| Офисные приложения. | Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567 |
| Прикладное программное обеспечение общего назначения | Dr.Web Enterprise Security Suite, 3000 лиц, ПНИПУ ОЦНИТ 2017 |
| Прикладное программное обеспечение общего назначения | Mathematica Professional Version (лиц. L3263-7820*) |

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

| Наименование | Ссылка на информационный ресурс |
|---|---|
| База данных Elsevier "Freedom Collection" | https://www.elsevier.com/ |
| База данных Scopus | https://www.scopus.com/ |
| Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета | http://lib.pstu.ru/ |
| Электронно-библиотечная система Лань | https://e.lanbook.com/ |
| Электронно-библиотечная система IPRbooks | http://www.iprbookshop.ru/ |
| Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс | http://www.consultant.ru/ |

7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

| Вид занятий | Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения | Количество единиц |
|----------------------|---|-------------------|
| Лекция | Мультимедийный проектор | 1 |
| Практическое занятие | Мультимедийный проектор | 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 обучающихся по дисциплине
«Физические основы прочности и пластичности»
*Приложение к рабочей программе дисциплины***

| | |
|--|---|
| Направление подготовки: | 28.03.03 Наноматериалы |
| Направленность (профиль) образовательной программы: | Конструкционные наноматериалы |
| Квалификация выпускника: | «Бакалавр» |
| Выпускающая кафедра: | Механика композиционных материалов и конструкций |
| Форма обучения: | Очная |
| Курс: 3 | Семестр: 6 |
| Трудоёмкость: | |
| Кредитов по рабочему учебному плану: | 3 ЗЕ |
| Часов по рабочему учебному плану: | 108 ч. |
| Форма промежуточной аттестации: | |
| Зачёт: 6 семестр | |

Пермь 2022

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

Согласно РПД, освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра (6-го семестра учебного плана) и разбито на 2 учебных модуля. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные и практические занятия, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения по дисциплине (табл. 1.1).

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

Таблица 1.1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

| Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы) | Вид контроля | | | | |
|--|-------------------------|----|----------|----------|-------|
| | Текущий и промежуточный | | Рубежный | Итоговый | |
| | ПЗ | ЛР | | КР | Зачет |
| Усвоенные знания | | | | | |
| З.1. Знать экспериментальные закономерности и теоретические модели фундаментальных процессов и явлений, перспективы развития физики пластичности и прочности металлических систем; | C1 | | РКР 1 | | ТВ |
| З.2. Знать механизмы деформирования и разрушения; | C1 | | РКР 2 | | |
| З.3. Знать основные модели механики трещин; | C1 | | РКР 3 | | |
| З.4. Знать экспериментальные методики исследования поведения материалов. | C1 | | РКР 4 | | |
| Освоенные умения | | | | | |
| У.1. Уметь анализировать экспериментальные и теоретические данные по физике пластичности и прочности металлических систем, эффективно использовать теоретические компоненты физики пластичности и прочности для решения профессиональных задач; | | | РКР 5 | КР | ПЗ |
| У.2. Уметь использовать математические модели в научной и познавательной деятельности, применять информационные и компьютерные технологии в научной и познавательной деятельности. | | | РКР 6 | | |

| Приобретенные владения | | | | | |
|--|--|--|-----|----|----|
| В.1. Владеть научными методами анализа деформационных и прочностных характеристик металлических систем; | | | ИКЗ | КР | КЗ |
| В.2. Владеть профессиональными навыками создания и использования простейших математических моделей пластической деформации и разрушения | | | ИКЗ | | |

РКР – рубежная контрольная работа; ИКЗ – индивидуальное комплексное задание; КР – курсовая работа; ТВ – теоретический вопрос; ПЗ – практическое задание; КЗ – комплексное задание; С – собеседование по теме.

Итоговой оценкой достижения (результатов обучения по дисциплине) является промежуточная аттестация в виде 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 для оценивания знания первого компонента дисциплинарных частей компетенций (табл. 1.1) в форме собеседования по каждой теме. Результаты по 4-балльной шкале оценивания 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, освоенных умений и приобретенных владений (табл. 1.1) проводится в форме защиты индивидуальных заданий по практике и рубежных контрольных работ (после изучения каждого модуля учебной дисциплины).

2.2.1. Защита отчета по практическим занятиям

Всего запланировано 8 практических занятий. Типовые темы практических занятий приведены в РПД.

Защита практических занятий проводится индивидуально каждым студентом или группой студентов с оценкой владения студентами монотехнической речью, связанной со спецификой дисциплины.

2.2.2. Рубежная контрольная работа

Согласно РПД запланировано 6 рубежные контрольные работы (РКР) после освоения студентами учебных модулей дисциплины. Первые три РКР по модулю 1 «Физические основы пластичности», вторые три РКР – по модулю 2 «Физические основы прочности».

Типовые задания первой РКР:

1. Описать основные характеристики конструкционных материалов (структуры и свойств) и области их применения. Сущность процессов получения конструкционных материалов.

2. Отобразить техпроцессы производства, утилизации и обработки конструкционных материалов.

3. Классификация конструкционных материалов с требуемыми эксплуатационными свойствами для машиностроения и нефтегазовой отрасли.

Типовые задания РКР 1:

1. Определение поля напряжений и перемещений дислокаций в изотропной упругой среде.

2. Взаимодействие дислокаций с другими дефектами решетки. Диффузия в анизотропных кристаллах.

Типовые задания РКР 2:

1. Условие текучести Шмида, определение поверхности текучести ГЦК, ОЦК и ГПУ монокристаллов.

2. Механизмы и законы упрочнения систем скольжения, активное и латентное упрочнение, влияние границ зерен.

Типовые задания РКР 3:

1. Рассмотрение дислокационных реакций с использованием критерия Франка в кристаллах с различным типом решетки.

2. Взаимодействие расщепленных дислокаций.

Типовые задания РКР 4:

1. Модели упрочнения в ГЦК, ОЦК и ГПУ кристаллах, в основу которых положено рассмотрение дефектной структуры кристаллов.

Типовые задания РКР 5:

1. Моделирование ближкодействующего и дальнодействующего взаимодействия дислокаций.

2. Силы взаимодействия подвижных дислокаций с коллективными дефектными решеточными структурами.

Типовые задания РКР 6:

1. Поле напряжений дисклинаций, собственная энергия дисклинации.
2. Определение критических параметров разрушения кристаллов в простейших моделях разрушения.

2.3. Выполнение комплексного индивидуального задания на самостоятельную работу

Для оценивания навыков и опыта деятельности (владения), как результата обучения по дисциплине, не имеющей курсового проекта или работы, используется индивидуальное комплексное задание студенту.

Типовые шкала и критерии оценки результатов защиты индивидуального комплексного задания приведены в общей части ФОС образовательной программы.

2.4. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача всех индивидуальных заданий, и защита практических работ и положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

2.4.1. Процедура промежуточной аттестации без дополнительного аттестационного испытания

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета. Зачет по дисциплине основывается на результатах выполнения предыдущих индивидуальных заданий студента по данной дисциплине.

Критерии выведения итоговой оценки за компоненты компетенций при проведении промежуточной аттестации в виде зачета приведены в общей части ФОС образовательной программы.

2.4.2. Процедура промежуточной аттестации с проведением аттестационного испытания

В отдельных случаях (например, в случае переаттестации дисциплины) промежуточная аттестация в виде зачета по дисциплине может проводиться с проведением аттестационного испытания по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний, практические задания (ПЗ) для проверки усвоенных 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.

2.4.2.1. Типовые вопросы и задания для зачета по дисциплине

3.2.1. Типовые вопросы и задания для зачета по дисциплине

Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:

1. Дефекты кристаллической решетки. Точечные дефекты, вакансии. Диффузионный механизм пластичности.
2. Механизмы неупругого деформирования, консервативное и

неконсервативное движение дислокаций, их взаимодействие между собой и с другими дефектами.

3. Теоретическая прочность кристаллов на сдвиг. Атомная модель сдвига по Френкелю.
4. Критерий текучести Шмида, касательные напряжения, уравнение Орована.
5. Локализация пластических деформаций, влияние геометрии образца.
6. Анализ касательных напряжений в системах скольжения. Влияние ориентации кристалла на предел текучести.
7. Стадии упрочнения в кубических и гексагональных кристаллах.
8. Физические механизмы упрочнения кристаллов. Дислокационная модель скольжения и скопления дислокаций на разных стадиях упрочнения.
9. Модели близкодействующего и дальнедействующего взаимодействия дислокаций.
10. Коллективные эффекты в дислокационных ансамблях. Разориентированные ячеистые структуры.
11. Полосовые структуры. Фрагментация кристаллов. Ротационные моды деформации. Носители ротационной пластичности.
12. Взаимодействие трещин с границами зерен и субзерен. Скачкообразное распространение трещин.
13. Дислокационные трещины и границы. Барьерное действие границ зерен.
14. Энергия взаимодействия трещин с межзеренной границей. Взаимодействие трещин с двойниками, включениями и полосами скольжения.

Типовые вопросы и практические задания для контроля освоенных умений:

1. Провести анализ эволюции дефектной структуры поликристаллических тел в процессе глубоких пластических деформаций.
2. Провести анализ рассмотрения теоретической прочности различных кристаллов на сдвиг и растяжение.
3. Провести анализ взаимодействия трещин с границами зерен и субзерен

Индивидуальные задания для контроля приобретенных владений:

1. Привести и проанализировать модели упрочнения в ГЦК, ОЦК и ГПУ кристаллах, в основу которых положено рассмотрение дефектной структуры кристаллов.

2. Рассмотреть силы взаимодействия подвижных дислокаций с коллективными дефектными решеточными структурами. Привести механизмы и законы упрочнения систем скольжения, активное и латентное упрочнение, влияние границ зерен.

2.4.2.2. Шкалы оценивания результатов обучения на зачете

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

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче зачета

для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в общей части ФОС образовательной программы.

3. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов компетенций

3.1. Оценка уровня сформированности компонентов компетенций

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

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