

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ЛУГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ ВЛАДИМИРА ДАЛЯ»

Институт Технологий и инженерной механики  
Кафедра Материаловедение

УТВЕРЖДАЮ:

Директор

Института технологий и инженерной  
механики

  
Могильная Е.П.  
(подпись)

« 18 » 04 2023 года



## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

### «ОСНОВЫ ФИЗИКИ ПРОЧНОСТИ И МЕХАНИКИ РАЗРУШЕНИЯ»

По направлению подготовки 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов

Профили: «Материаловедение в машиностроении»

«Композиционные и порошковые материалы, покрытия»

Луганск – 2023

Лист согласования РПУД

Рабочая программа учебной дисциплины «Основы физики прочности и механики разрушения» по направлению подготовки 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов. – 30 с.

Рабочая программа учебной дисциплины «Основы физики прочности и механики разрушения» составлена с учетом Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 02.06.2020 года № 701.

СОСТАВИТЕЛЬ:

Доктор техн. наук, профессор Рябичева Л.А.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры материаловедения «18» 04 2023 г., протокол № 8

Заведующая кафедрой материаловедения  Рябичева Л.А.

Переутверждена: «  »    20   г., протокол №   

Рекомендована на заседании учебно-методической комиссии института Технологий и инженерной механики

«18» 04 2023 г., протокол № 3.

Председатель учебно-методической комиссии института  Ясуник С.Н.

## Структура и содержание дисциплины

### 1. Цели и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе

Цель изучения дисциплины «Основы физики прочности и механики разрушения» - приобретение знаний в области физики прочности и разрушения материалов, необходимых для обеспечения конструкционной прочности и надежности материалов.

Задачи:

- формирование у студентов представлений о проблеме прочности, разрушения, методах ее решения;
- использование современных достижений экспериментальной механики разрушения;
- приобретение студентами знаний о методах моделирования, проведения экспериментальных исследований разрушения, получения расчетных оценок разрушения материалов.

### 2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина «Основы физики прочности и механики разрушения» относится к дисциплинам по выбору 1 (ДВ.1) модуля профессиональных дисциплин подготовки бакалавров. Необходимыми условиями для освоения дисциплины являются знания дифференциального и интегрального исчисления, умения определить физический смысл показателей разрушения, выполнить анализ причин разрушения материалов и изделий полученных студентами при изучении дисциплин: «Математика», «Физика», «Механика материалов и основы конструирования», «Механические свойства материалов» и служит основой для освоения дисциплин «Теория и технология термической и химико-термической обработки», «Моделирование и оптимизация свойств материалов и процессов», «Теория и технология порошковых материалов», «Цветные металлы сплавы», «Сплавы с особыми свойствами».

Содержание дисциплины является логическим продолжением содержания дисциплин: «Механические свойства материалов», «Методы структурного анализа материалов» и служит основой для освоения дисциплин «Машиностроительные материалы», «Теория и технология термической и химико-термической обработки материалов и изделий».

### 3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

| Код и наименование компетенции   | Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)  | Перечень планируемых результатов   |
|--|--|--|
| <b>ОПК-1</b><br>Способен решать задачи профессиональной деятельности, применяя методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и инженерные знания | <b>ОПК-1.1.</b><br>Демонстрирует знания математического анализа, естественнонаучные и инженерные знания для успешного выполнения профессиональной деятельности | знать: математический анализ, естественнонаучные и инженерные знания для успешного выполнения профессиональной деятельности;<br>уметь: использовать знания математического анализа, естественно- |

|   |  |  |
|---|--|--|
|   |  | <p>научного и общеинженерного знания для успешного выполнения профессиональной деятельности</p> <p>владеть: навыками выбора оптимальных методов решения на основе знаний методов математического анализа, естественнонаучных и общеинженерных дисциплин</p>  |
|   | <p><b>ОПК-1.2.</b><br/>Использует типовые методы и способы выполнения профессиональных задач</p>   | <p>знать: типовые методы и способы выполнения профессиональных задач</p> <p>уметь: использовать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач</p> <p>владеть: навыками использования типовых методов и способов выполнения профессиональных задач</p>   |
|   | <p><b>ОПК-1.3.</b><br/>Владеет навыками выбора оптимальных методов решения профессиональных задач на основе знаний методов моделирования, математического анализа, естественнонаучных и общеинженерных дисциплин</p> | <p>знать: оптимальные методы решения профессиональных задач на основе знаний методов моделирования, математического анализа, естественнонаучных и общеинженерных дисциплин</p> <p>уметь: использовать оптимальные методы решения профессиональных задач на основе знаний методов моделирования, математического анализа, естественнонаучных и общеинженерных дисциплин</p> <p>владеть: навыками выбора оптимальных методов решения профессиональных задач на основе знаний методов моделирования, математического анализа, естественнонаучных и общеинженерных дисциплин</p> |
| <p><b>ОПК-3</b><br/>Способен участвовать в управлении профессиональной деятельностью, используя знания в области проектного менеджмента</p> | <p><b>ОПК-3.1.</b><br/>Определяет способы и инструменты разработки и информационно-аналитической поддержки организационно-управленческих решений в профессиональной деятельности</p>                                 | <p>знать: способы и инструменты разработки и информационно-аналитической поддержки организационно-управленческих решений в профессиональной деятельности</p> <p>уметь: использовать способы и инструменты разработки и информационно-аналитической поддержки организационно-управленческих решений в профессиональной деятельности</p> <p>владеть: навыками использования способов и инструментов разработки и информационно-аналитической поддержки организационно-управленческих решений в профессиональной деятельности</p>   |

|   |   |  |
|---|---|--|
|   | <p><b>ОПК-3.2.</b><br/>На основе анализа результатов проблемных ситуаций организации выявляет и формирует организационно-управленческие решения, разрабатывает, обосновывает и содействует их реализации с учетом достижения экономической и социальной эффективности</p> | <p>знать: проблемные ситуации организации для выявления и формирования организационно-управленческих решений с учетом достижения экономической и социальной эффективности<br/>уметь: использовать анализ результатов проблемных ситуаций организации, разрабатывать, обосновывать и содействовать для выявления и формирования организационно-управленческих решений с учетом достижения экономической и социальной эффективности<br/>владеть: навыками выявлять и формировать организационно-управленческие решения, разрабатывать, обосновывать и содействовать их реализации с учетом достижения экономической и социальной эффективности</p> |
|   | <p><b>ОПК-3.3.</b><br/>Оценивает последствия принимаемых организационно-управленческих решений в условиях сложной и динамичной среды</p>  | <p>знать: последствия принимаемых организационно-управленческих решений в условиях сложной и динамичной среды<br/>уметь: оценивать последствия принимаемых организационно-управленческих решений в условиях сложной и динамичной среды<br/>владеть: навыками оценки последствий принимаемых организационно-управленческих решений в условиях сложной и динамичной среды</p>  |
| <p><b>ПК-6</b><br/>Способен разрабатывать, сопровождать и интегрировать типовые технологические процессы в области материаловедения и технологии материалов</p> | <p><b>ПК-6.1.</b><br/>Осуществляет разработку типовых технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов</p>  | <p>знать: особенности разработки типовых технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов<br/>уметь: выполнять сопровождение типовых технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов<br/>владеть: навыками по разработке типовых технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов</p>   |
|   | <p><b>ПК-6.2.</b><br/>Участует в выполнении сопровождения типовых технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов</p>  | <p>знать: особенности сопровождения типовых технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов</p>   |

|   |  |   |
|---|--|---|
|   |  | <p>уметь: выполнять сопровождение типовых технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов</p> <p>владеть: навыками сопровождения типовых технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов</p>  |
|   | <p><b>ПК-6.3.</b><br/>Участвует в контроле опытной партии изделий по типовым технологическим процессам термической обработки</p>               | <p>знать: особенности контроля опытной партии изделий по типовым технологическим процессам термической обработки</p> <p>уметь: осуществлять контроль опытной партии изделий по типовым технологическим процессам термической обработки</p> <p>владеть: навыками контроля опытной партии изделий по типовым технологическим процессам в области материаловедения и технологии материалов</p> |
| <p><b>ПК-7</b><br/>Способен разрабатывать, сопровождать и интегрировать инновационные технологические процессы в области материаловедения и технологии материалов в том числе по выбору новых материалов, покрытий, обработки и модификации</p> | <p><b>ПК-7.1.</b><br/>Участвует в разработке инновационных технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов</p>    | <p>знать: инновационные технологические процессы в области материаловедения и технологии материалов</p> <p>уметь: разрабатывать инновационные технологические процессы в области материаловедения и технологии материалов;</p> <p>владеть: навыками разработки инновационных технологических процессов в области материаловедения и технологии</p>  |
|   | <p><b>ПК-7.2.</b><br/>Участвует в сопровождении инновационных технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов</p> | <p>знать: особенности сопровождения инновационных технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов</p> <p>уметь: сопровождать инновационные технологические процессы в области материаловедения и технологии материалов;</p> <p>владеть: навыками сопровождения инновационных технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов</p>  |
|   | <p><b>ПК-7.3.</b><br/>Участвует в интегрировании инновационных технологических процессов в области материаловедения и технологии</p>           | <p>знать: интегрирование инновационных технологических процессов в области материаловедения и технологии</p> <p>уметь: интегрировать инновационные технологические процессы в области материаловедения и технологии</p>   |

|  |  |  |
|--|--|--|
|  |  | владеть: навыками интегрирования инновационных технологических процессов в области материаловедения и технологии |
|--|--|--|

## 4. Структура и содержание дисциплины

### 4.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

| Вид учебной работы   | Объем часов (зач. ед.)    |                           |
|--|---------------------------|---------------------------|
|  | Очная форма               | Заочная форма             |
| <b>Общая учебная нагрузка (всего)</b>                                | <b>108</b><br>(3 зач. ед) | <b>144</b><br>(4 зач. ед) |
| <b>Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего) в том числе:</b> | <b>64</b>                 | <b>16</b>                 |
| Лекции   | 32                        | 8                         |
| Семинарские занятия  | -                         | -                         |
| Практические занятия   | 16                        | 4                         |
| Лабораторные работы  | 16                        | 4                         |
| Курсовая работа  | -                         | -                         |
| <b>Самостоятельная работа студента (всего)</b>                       | <b>44</b>                 | <b>128</b>                |
| Итоговая аттестация  | экзамен                   | экзамен                   |

### 4.2. Содержание разделов дисциплины

#### Тема 1. Введение.

Общая характеристика прочности и разрушения материалов. Цели и задачи дисциплины. Наука о прочности и разрушении. Основные термины и определения. Виды разрушения. Классическая и неклассическая схемы разрушения.

#### Тема 2. Деформация.

Дислокационные представления о процессах пластической деформации и разрушении. Виды деформации. Характеристики сопротивления деформированию. Механизм пластической деформации: скольжение и двойникование. Закон Шмида. Зависимость предела текучести от направления в монокристалле.

#### Тема 3. Четыре основных механизма упрочнения металлических материалов.

Субструктурное упрочнение. Твердорастворное упрочнение. Поликристаллическое упрочнение. Многофазное упрочнение. Механизм упрочнения, математическое описание. Предел текучести с точки зрения дислокационной теории. Дислокационный ансамбль и превращения субструктур. Взаимосвязь фазовых превращений и субструктуры в процессе пластической деформации. Трансформация субструктурного упрочнения в процессе деформации. Факторы, влияющие на формирование напряжения течения сплавов – твердых растворов. Влияние температуры, скорости деформации на изменение прочности материала с различными кристаллическими решетками.

#### **Тема 4.** Теории прочности.

Первая теория прочности. Теория наибольших нормальных напряжений – теория Галилея. Вторая теория прочности. Теория наибольших относительных деформаций – теория Мариотта. Третья теория прочности. Теория наибольших касательных напряжений – Сен-Венан, Кулон. Четвертая теория прочности – энергетическая. Объединенная теория прочности. Теория прочности реальных твёрдых тел по Гриффитсу. Роль микротрещин в разрушении.

#### **Тема 5.** Разрушение.

История возникновения науки о разрушении. Физическая природа разрушения металлов. Изломы при вязком и хрупком разрушении. Межзёрный излом. Анализ причин и характера разрушения по строению излома. Теоретическая прочность на отрыв. Межатомное взаимодействие и упругость кристаллов. Расчёт теоретической прочности кристаллов на отрыв. Связь между дефектностью микроструктуры и процессом разрушения. Прочность и сопротивление разрушению. Классическая и неклассическая схемы разрушения. Силовой подход в механике разрушения. Напряжения у контура трещины. Пластическая зона при вершине трещины. Условия роста трещины. Энергетический критерий Гриффитса. Интенсивность выделения энергии. Концепция Гриффитса-Орована-Ирвина. Устойчивое и неустойчивое развитие трещины. Как остановить движение трещины? Сопротивление росту трещины ( $R$  - кривая).  $J$  – интеграл. Скорость распространения трещины. Ветвление трещин.

#### **Тема 6.** Усталостное разрушение материала.

Параметры цикла. Общие закономерности усталостного разрушения металлов. Докритический рост трещины. Долговечность по числу циклов при малоциклового усталости. Расчёт элементов конструкций на долговечность. Усталостные трещины. Бороздки усталости. Образование трещин в материалах под действием окружающей среды.

#### **Тема 7.** Испытания на многоцикловую усталость в статистическом аспекте.

Метод "лестницы". Построение функции распределения предела выносливости с использованием статистической теории усталостного разрушения. Построение функции распределения предела выносливости. Метод пробитов: Ускоренные испытания на многоцикловую усталость. Метод Локати. Разрушение твёрдых тел по Оровану. Эффективная поверхностная энергия. Теория Орована. Дополнение к теории Орована. Современная теория разрушения. Напряжения и смещения точек у вершины трещины. Поправки к теории Ирвина.



### 4.3. Лекции

| № п/п         | Название темы   | Объем часов |               |
|---------------|---|-------------|---------------|
|               |   | Очная форма | Заочная форма |
| 1             | Тема 1. Общая характеристика прочности и разрушения.  | 2           | 1             |
| 2             | Тема 2. Деформация. Дислокационные представления о процессах пластической деформации и разрушении | 4           | 1             |
| 3             | Тема 3. Четыре основных механизма упрочнения металлических материалов.                            | 4           | 1             |
| 4             | Тема 4. Теории прочности.   | 6           | 1             |
| 5             | Тема 5. Разрушение.   | 8           | 1             |
| 6             | Тема 6. Усталостное разрушение материала.   | 4           | 1             |
| 7             | Тема 7. Испытания на многоцикловую усталость в статистическом аспекте.                            | 4           | 1             |
| <b>Итого:</b> |   | <b>32</b>   | <b>8</b>      |

### 4.4. Практические занятия

| № п/п         | Название темы  | Объем часов |               |
|---------------|--|-------------|---------------|
|               |  | Очная форма | Заочная форма |
| 1             | Дислокационный механизм пластической деформации  | 2           | -             |
| 2             | Расчет структурных составляющих сталей   | 4           | 2             |
| 3             | Расчет предела текучести металлов и сплавов по характеристикам структурных уровней                         | 2           | -             |
| 4             | Оценка показателей сопротивления разрушению углеродистых сталей  | 2           |               |
| 5             | Определение предела трещиностойкости при однократном статическом нагружении                                | 2           | 2             |
| 6             | Определение параметров температурных зависимостей характеристик трещиностойкости.                          | 2           | -             |
| 7             | Определение критического значения коэффициента интенсивности напряжений для трещины в полимерном материале | 2           | -             |
| <b>Итого:</b> |  | <b>16</b>   | <b>4</b>      |

### 4.5. Лабораторные работы

| № п/п | Название темы   | Объем часов |               |
|-------|---|-------------|---------------|
|       |   | Очная форма | Заочная форма |
| 1     | Изучение формы и размеров образцов, схемы нагружения              | 2           |               |
| 2     | Виды диаграмм нагрузка - смещение при различных схемах разрушения | 2           | 2             |

|               |  |           |          |
|---------------|--|-----------|----------|
| 3             | Анализ причин и характера разрушения по строению излома                | 2         |          |
| 4             | Испытания на многоцикловую усталость в статистическом аспекте.         | 2         |          |
| 5             | Изучение критериев линейной механики разрушения                        | 4         | -        |
| 6             | Изучение критериев нелинейной механики разрушения                      | 2         | 2        |
| 7             | Построение функции распределения предела выносливости. Метод пробитов. | 2         |          |
| <b>Итого:</b> |  | <b>16</b> | <b>4</b> |

#### 4.6. Самостоятельная работа студентов

| № п/п         | Название темы  | Вид СРС  | Объем часов |               |
|---------------|--|--|-------------|---------------|
|               |  |  | Очная форма | Заочная форма |
| 1             | Общая характеристика прочности и разрушения материалов.                                    | Изучение лекционного материала.  | 2           | 16            |
| 2             | Деформация. Дислокационные представления о процессах пластической деформации и разрушении. | Изучение лекционного материала. Подготовка к лабораторным и практическим занятиям                | 6           | 18            |
| 3             | Четыре основных механизма упрочнения металлических материалов.                             | Изучение лекционного материала. Подготовка к лабораторным и практическим занятиям                | 8           | 20            |
| 4             | Теории прочности и пластичности.   | Изучение лекционного материала. Подготовка к практическому занятию № 3,4, к лаб. р-там, №3, 4, 5 | 8           | 20            |
| 5             | Разрушение.  | Изучение лекционного материала   | 8           | 18            |
| 6             | Усталостное разрушение материала.  | Изучение лекционного материала. Подготовка к пр.зан. №5 лаб. р-там №5, 6                         | 6           | 18            |
| 7             | Испытания на многоцикловую усталость.  | Изучение лекционного материала. Подготовка к пр.зан. №6 лаб. р-там №7                            | 6           | 18            |
| <b>Итого:</b> |  |  | <b>44</b>   | <b>128</b>    |

**4.7. Курсовые проекты/работы по дисциплине «Основы физики прочности и механики разрушения» не предполагаются.**

## **5. Образовательные технологии**

В процессе обучения для достижения планируемых результатов освоения дисциплины используются следующие образовательные технологии:

– традиционные объяснительно-иллюстративные технологии, которые обеспечивают доступность учебного материала для большинства студентов, системность, отработанность организационных форм и привычных методов, относительно малые затраты времени;

– информационно-коммуникационные технологии, в том числе визуализация, создание электронных учебных материалов;

– использование электронных образовательных ресурсов при подготовке к лекциям, практическим и лабораторным занятиям;

– технология проблемного обучения, в том числе в рамках разбора проблемных ситуаций;

– технология развивающего обучения, в том числе постановка и решение задач от менее сложных к более сложным, развивающих компетенции студентов.

В рамках перечисленных технологий основными методами обучения являются: работа в команде; самостоятельная работа; проблемное обучение.

## **6. Учебно-методическое и программно-информационное обеспечение дисциплины:**

### **а) основная литература:**

1. Рябичева Л.А. Основы физики прочности и механики разрушения: Учебное пособие для вузов / Л.А. Рябичева – Луганск: Изд-во ЛГУ им. В. Даля, 2021. 232 с.

2. Черепанов Г.П. Механика разрушения: Учебное пособие для вузов / Г.П. Черепанов – М.: Изд-во компьютерных технологий, 2012. 426 с.

3. Основы физики и механики разрушения: учебное пособие для вузов / Ю. Н. Симонов, М. Н. Георгиев, М. Ю. Симонов; Пермский национальный исследовательский политехнический университет. — Пермь : Изд-во ПНИПУ, 2012 . 202 с.

### **б) дополнительная литература**

1. Зуев Л.Б., Баранникова С.А. Физика прочности и экспериментальная механика. Учебное пособие - Новосибирск: Наука 2012. 448 с. "Консультант студента": [сайт]. - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785938082960.html> (дата обращения: 29.01.2020). - Режим доступа : по подписке.

2. Броек Д. Основы механики разрушения. – М.: Высшая школа, 1980. 368 с.

3. Екобори Т. Физика и механика разрушения и прочности твёрдых тел. М.: Металлургия, 1971. 264 с.

4. Качанов Л.М. Основы механики разрушения. – М.: Наука, 1974. 312 с.

5. Рябичева Л.О. Механічні властивості та конструкційна міцність матеріалів. Навч. посібник. Луганськ, вид-во СНУ ім. В. Даля, 2013. 324 с.

6. Золоторевский В.С. Механические свойства металлов. Учебник для вузов. М.: МИСИС, 1998. 400 с.

7. Фридман Я. Б. Механические свойства металлов. Т. I, II. 3 изд. М.: Машиностроение, 1974. – 840 с.

8. Конева Н.А. Классификация, эволюция и самоорганизация дислокационных структур в металлах и сплавах // Соросовский Образовательный Журнал. 1996. № 6. С. 99-107.

**в) методическая рекомендации:**

1. Методические рекомендации к выполнению практических занятий по дисциплине «Основы физики прочности и механики разрушения» для студентов, обучающихся по направлению подготовки 22.03.01. Материаловедение и технологии материалов / Сост.: Л.А. Рябичева. Луганск: Изд-во ЛНУ им. В. Даля, 2019.

2. Методические рекомендации к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Основы физики прочности и механики разрушения» для студентов, обучающихся по направлению подготовки 22.03.01. Материаловедение и технологии материалов / Сост.: Л.А. Рябичева. Луганск: Изд-во ЛНУ им. В. Даля, 2018.

**г) Интернет-ресурсы:**

Министерство образования и науки Луганской Народной Республики – <https://minobr.su>

Народный совет Луганской Народной Республики – <https://nslnr.su>

Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования – <http://fgosvo.ru>

Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» – <http://window.edu.ru/>

ГОСТы и стандарты – <https://standartgost.ru/>

[book.sarov.ru](http://book.sarov.ru) > product > fundamentals-of-physics-of-durabilit

<https://www.studmed.ru> > ekobori-t-fizika-i-mehanika-razrusheniya-i-proc...

**Электронные библиотечные системы и ресурсы**

Электронно-библиотечная система «Консультант студента» – <http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>

Электронно-библиотечная система «StudMed.ru» – <https://www.studmed.ru>

**Информационный ресурс библиотеки образовательной организации**

Научная библиотека имени А. Н. Коняева – <http://biblio.dahluniver.ru/>

**7. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины**

Освоение дисциплины «Основы физики прочности и механики разрушения» предполагает использование академических аудиторий, соответствующих действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам.

Лекционные занятия: комплект электронных презентаций/слайдов, аудитория, оснащенная презентационной техникой (мультимедиапроектор, экран, компьютер/ноутбук).

Практические занятия: компьютерный класс, презентационная техника (проектор, экран, компьютер/ноутбук).

Лабораторные занятия: испытательные машины, комплекты оснастки, измерительный инструмент, комплекты образцов.

Рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет, рабочие места студентов по количеству обучающихся, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

Программное обеспечение:

| Функциональное назначение | Бесплатное программное обеспечение    | Ссылки  |
|---------------------------|---------------------------------------|---|
| Офисный пакет             | Libre Office 6.3.1                    | <a href="https://www.libreoffice.org/">https://www.libreoffice.org/</a><br><a href="https://ru.wikipedia.org/wiki/LibreOffice">https://ru.wikipedia.org/wiki/LibreOffice</a>  |
| Операционная система      | UBUNTU 19.04                          | <a href="https://ubuntu.com/">https://ubuntu.com/</a><br><a href="https://ru.wikipedia.org/wiki/Ubuntu">https://ru.wikipedia.org/wiki/Ubuntu</a>  |
| Браузер                   | Firefox Mozilla                       | <a href="http://www.mozilla.org/ru/firefox/fx">http://www.mozilla.org/ru/firefox/fx</a>   |
| Браузер                   | Opera                                 | <a href="http://www.opera.com">http://www.opera.com</a>   |
| Почтовый клиент           | Mozilla Thunderbird                   | <a href="http://www.mozilla.org/ru/thunderbird">http://www.mozilla.org/ru/thunderbird</a>   |
| Файл-менеджер             | Far Manager                           | <a href="http://www.farmanager.com/download.php">http://www.farmanager.com/download.php</a>   |
| Архиватор                 | 7Zip                                  | <a href="http://www.7-zip.org/">http://www.7-zip.org/</a>   |
| Графический редактор      | GIMP (GNU Image Manipulation Program) | <a href="http://www.gimp.org/">http://www.gimp.org/</a><br><a href="http://gimp.ru/viewpage.php?page_id=8">http://gimp.ru/viewpage.php?page_id=8</a><br><a href="http://ru.wikipedia.org/wiki/GIMP">http://ru.wikipedia.org/wiki/GIMP</a> |
| Редактор PDF              | PDFCreator                            | <a href="http://www.pdfforge.org/pdfcreator">http://www.pdfforge.org/pdfcreator</a>   |
| Аудиоплеер                | VLC                                   | <a href="http://www.videolan.org/vlc/">http://www.videolan.org/vlc/</a>   |

## 8. Оценочные средства по дисциплине

### Паспорт

#### фонда оценочных средств по учебной дисциплине «Основы физики прочности и механики материалов»

Перечень компетенций (элементов компетенций), формируемых в результате освоения учебной дисциплины (модуля) или практики

| № п/п | Код контролируемой компетенции | Формулировка контролируемой компетенции | Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине) | Контролируемые темы учебной дисциплины, практики | Этапы формирования (семестр изучения) |
|-------|--------------------------------|---|---|--|---------------------------------------|
| 1     | <b>ОПК-1</b>                   | Способен решать задачи профессиональной | <b>ОПК-1.1.</b>   | Тема 1. Общая характеристика прочности           | 6                                     |

|   |              |   |  |  |   |
|---|--------------|---|--|--|---|
|   |              | деятельности, применяя методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и инженерные знания        | Демонстрирует знания математического анализа, естественнонаучные и инженерные знания для успешного выполнения профессиональной деятельности  | материалов и разрушения.                     |   |
|   |              |   | <b>ОПК-1.2.</b><br>Использует типовые методы и способы выполнения профессиональных задач   | Тема 4.<br>Теории прочности.                 | 6 |
|   |              |   | <b>ОПК-1.3.</b><br>Владеет навыками выбора оптимальных методов решения профессиональных задач на основе знаний методов моделирования, математического анализа, естественнонаучных и инженерных дисциплин | Тема 5.<br>Разрушение                        | 6 |
| 2 | <b>ОПК-3</b> | Способен участвовать в управлении профессиональной деятельностью, используя знания в области проектного менеджмента | <b>ОПК-3.1.</b><br>Определяет способы и инструменты разработки и информационно-аналитической поддержки организационно-управленческих решений в профессиональной деятельности                             | Тема 5.<br>Разрушение                        | 6 |
|   |              |   | <b>ОПК-3.2.</b><br>На основе анализа результатов проблемных ситуаций организации выявляет и формирует организационно-управленческие решения,   | Тема 6.<br>Усталостное разрушение материала. | 6 |

|   |   |  |  |   |   |
|---|---|--|--|---|---|
|   |   |  | разрабатывает, обосновывает и содействует их реализации с учетом достижения экономической и социальной эффективности             |   |   |
|   |   |  | <b>ОПК-3.3.</b><br>Оценивает последствия принимаемых организационно-управленческих решений в условиях сложной и динамичной среды | Тема 7.<br>Испытания на многоцикловую усталость в статистическом аспекте.                           | 6 |
| 3 | <b>ПК-6</b>   | Способен разрабатывать, сопровождать и интегрировать типовые технологические процессы в области материаловедения и технологии материалов | <b>ПК-6.1.</b><br>Осуществляет разработку типовых технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов   | Тема 2.<br>Деформация.<br>Тема 3.<br>Четыре основных механизма упрочнения металлических материалов. | 6 |
|   | <b>ПК-6.2.</b><br>Участствует в выполнении сопровождения типовых технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов |  | Тема 4.<br>Теории прочности.<br>Тема 5.<br>Разрушение  | 6   |   |
|   | <b>ПК-6.3.</b><br>Участствует в контроле опытной партии изделий по типовым технологическим процессам термической обработки                    |  | Тема 6.<br>Усталостное разрушение материала.<br>Тема 7.<br>Испытания на многоцикловую усталость в статистическом аспекте.        | 6   |   |
| 4 | <b>ПК-7</b>   | Способен разрабатывать, сопровождать и интегрировать инновационных технологических процессов   | <b>ПК-7.1.</b><br>Участствует в разработке инновационных технологических процессов   | Тема 2.<br>Деформация.<br>Тема 3.   | 6 |

|  |  |   |  |   |   |
|--|--|---|--|---|---|
|  |  | вационные технологические процессы в области материаловедения и технологии материалов в том числе по выбору новых материалов, покрытий, обработки и модификации | в области материаловедения и технологии материалов   | Четыре основных механизма упрочнения металлических материалов.  |   |
|  |  |   | <b>ПК-7.2.</b><br>Участствует в сопровождении инновационных технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов | Тема 4.<br>Теории прочности.<br>Тема 5.<br>Разрушение   | 6 |
|  |  |   | <b>ПК-7.3.</b><br>Участствует в интегрировании инновационных технологических процессов в области материаловедения и технологии           | Тема 6.<br>Усталостное разрушение материала.<br>Тема 7.<br>Испытания на многоцикловую усталость в статистическом аспекте. | 6 |

### Показатели и критерии оценивания компетенций, описание шкал оценивания

| № п/п | Код контролируемой компетенции   | Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)  | Перечень планируемых результатов  | Контролируемые темы учебной дисциплины  | Наименование оценочного средства                         |
|-------|--|--|---|---|--|
| 1     | <b>ОПК-1</b><br>Способен решать задачи профессиональной деятельности, применяя методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и инженерные знания | <b>ОПК-1.1.</b><br>Демонстрирует знания математического анализа, естественнонаучные и инженерные знания для успешного выполнения профессиональной деятельности | знать: математический анализ, естественнонаучные и инженерные знания для успешного выполнения профессиональной деятельности;<br>уметь: использовать знания математического анализа, естественнонаучного и инженерного знания для успешного выполнения профессиональной деятельности | Тема 1.<br>Общая характеристика прочности материалов и разрушения.<br>Тема 4.<br>Теории прочности.<br>Тема 5.<br>Разрушение | Задания по лабораторным и практическим занятиям, экзамен |



|  |  |  |  |   |  |
|--|--|--|--|---|--|
|  |  |  | <p>владеть: навыками выбора оптимальных методов решения на основе знаний методов математического анализа, естественнонаучных и инженерных дисциплин</p>  |   |  |
|  |  | <p><b>ОПК-1.2.</b><br/>Использует типовые методы и способы выполнения профессиональных задач</p>   | <p>знать: типовые методы и способы выполнения профессиональных задач</p> <p>уметь: использовать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач</p> <p>владеть: навыками использования типовых методов и способов выполнения профессиональных задач</p>   | <p>Тема 1.<br/>Общая характеристика прочности материалов и разрушения.</p> <p>Тема 4.<br/>Теории прочности.</p> <p>Тема 5.<br/>Разрушение</p> |  |
|  |  | <p><b>ОПК-1.3.</b><br/>Владеет навыками выбора оптимальных методов решения профессиональных задач на основе знаний методов моделирования, математического анализа, естественнонаучных и инженерных дисциплин</p> | <p>знать: оптимальные методы решения профессиональных задач на основе знаний методов моделирования, математического анализа, естественнонаучных и инженерных дисциплин</p> <p>уметь: использовать оптимальные методы решения профессиональных задач на основе знаний методов моделирования, математического анализа, естественнонаучных и инженерных дисциплин</p> | <p>Тема 1.<br/>Общая характеристика прочности материалов и разрушения.</p> <p>Тема 4.<br/>Теории прочности.</p> <p>Тема 5.<br/>Разрушение</p> |  |

|   |   |  |  |  |   |
|---|---|--|--|--|---|
|   |   |  | <p>владеть: навыками выбора оптимальных методов решения профессиональных задач на основе знаний методов моделирования, математического анализа, естественнонаучных и инженерных дисциплин</p>  |  |   |
| 2 | <p><b>ОПК-3</b><br/>Способен участвовать в управлении профессиональной деятельностью, используя знания в области проектного менеджмента</p> | <p><b>ОПК-3.1.</b><br/>Определяет способы и инструменты разработки и информационно-аналитической поддержки организационно-управленческих решений в профессиональной деятельности</p> | <p>знать: способы и инструменты разработки и информационно-аналитической поддержки организационно-управленческих решений в профессиональной деятельности</p> <p>уметь: использовать способы и инструменты разработки и информационно-аналитической поддержки организационно-управленческих решений в профессиональной деятельности</p> <p>владеть: навыками использования способов и инструментов разработки и информационно-аналитической поддержки организационно-управленческих решений в профессиональной деятельности</p> | <p>Тема 5.<br/>Разрушение</p> <p>Тема 6.<br/>Усталостное разрушение материала.</p> <p>Тема 7.<br/>Испытания на многоцикловую усталость в статистическом аспекте.</p> | <p>Задания по лабораторным и практическим занятиям, рефераты, экзамен</p> |
|   |   | <p><b>ОПК-3.2.</b><br/>На основе анализа результатов проблемных ситуаций организации выявляет и</p>  | <p>знать: проблемные ситуации организации для выявления и формирования организационно-</p>   | <p>Тема 5.<br/>Разрушение</p> <p>Тема 6.<br/>Усталостное разрушение материала.</p>   |   |

|  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|
|  |  | <p>формирует организационно-управленческие решения, разрабатывает, обосновывает и содействует их реализации с учетом достижения экономической и социальной эффективности</p> | <p>управленческих решениях с учетом достижения экономической и социальной эффективности</p> <p>уметь: использовать анализ результатов проблемных ситуаций организации, разрабатывать, обосновывать и содействовать для выявления и формирования организационно-управленческих решений с учетом достижения экономической и социальной эффективности</p> <p>владеть: навыками выявлять и формировать организационно-управленческие решения, разрабатывать, обосновывать и содействовать их реализации с учетом достижения экономической и социальной эффективности</p> | <p>Тема 7.<br/>Испытания на многоцикловую усталость в статистическом аспекте.</p>  |  |
|  |  | <p><b>ОПК-3.3.</b><br/>Оценивает последствия принимаемых организационно-управленческих решений в условиях сложной и динамичной среды</p>                                     | <p>знать: последствия принимаемых организационно-управленческих решений в условиях сложной и динамичной среды</p> <p>уметь: оценивать последствия принимаемых организационно-управленческих решений в условиях сложной и</p>   | <p>Тема 5.<br/>Разрушение<br/>Тема 6.<br/>Усталостное разрушение материала.<br/>Тема 7.<br/>Испытания на многоцикловую усталость в статистическом аспекте.</p> |  |

|   |   |   |   |   |  |
|---|---|---|---|---|--|
|   |   |   | динамичной среды<br>владеть: навыками оценки последствия принимаемых организационно-управленческих решений в условиях сложной и динамичной среды  |   |  |
| 3 | <b>ПК-6</b><br>Способен разрабатывать, сопровождать и интегрировать типовые технологические процессы в области материаловедения и технологии материалов | <b>ПК-6.1.</b><br>Осуществляет разработку типовых технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов                | знать: особенности разработки типовых технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов<br>уметь: выполнять сопровождение типовых технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов<br>владеть: навыками по разработке типовых технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов | Тема 2. Деформация.<br>Тема 3. Четыре основных механизма упрочнения металлических материалов. | Задания по лабораторным и практическим занятиям, экзамен |
|   |   | <b>ПК-6.2.</b><br>Участствует в выполнении сопровождения типовых технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов | знать: особенности сопровождения типовых технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов<br>уметь: выполнять сопровождение типовых технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов  | Тема 4. Теории прочности.<br>Тема 5. Разрушение   |  |

|   |   |   |   |  |   |
|---|---|---|---|--|---|
|   |   |   | <p>владеть: навыками сопровождения типовых технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов</p>   |  |   |
|   |   | <p><b>ПК-6.3.</b><br/>Участствует в контроле опытной партии изделий по типовым технологическим процессам термической обработки</p>            | <p>знать: особенности контроля опытной партии изделий по типовым технологическим процессам термической обработки</p> <p>уметь: осуществлять контроль опытной партии изделий по типовым технологическим процессам термической обработки</p> <p>владеть: навыками контроля опытной партии изделий по типовым технологическим процессам в области материаловедения и технологии материалов</p> | <p>Тема 6.<br/>Усталостное разрушение материала.</p> <p>Тема 7.<br/>Испытания на многоцикловую усталость в статистическом аспекте.</p> |   |
| 4 | <p><b>ПК-7</b><br/>Способен разрабатывать, сопровождать и интегрировать инновационные технологические процессы в области материаловедения и технологии материалов в том числе по выбору новых материалов,</p> | <p><b>ПК-7.1.</b><br/>Участствует в разработке инновационных технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов</p> | <p>знать: инновационные технологические процессы в области материаловедения и технологии материалов</p> <p>уметь: разрабатывать инновационные технологические процессы в области материаловедения и технологии материалов;</p> <p>владеть: навыками разработки инновационных</p>  | <p>Тема 2.<br/>Деформация.</p> <p>Тема 3.<br/>Четыре основных механизма упрочнения металлических материалов.</p>                       | <p>Задания по лабораторным и практическим занятиям, рефераты, экзамен</p> |

|                                   |  |  |  |
|-----------------------------------|--|--|--|
| покрытий, обработки и модификации |  | технологических процессов в области материаловедения и технологии  |  |
|                                   | <b>ПК-7.2.</b><br>Участвует в сопровождении инновационных технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов | <p>знать: особенности сопровождения инновационных технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов</p> <p>уметь: сопровождать инновационные технологические процессы в области материаловедения и технологии материалов;</p> <p>владеть: навыками сопровождения инновационных технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов</p> | <p>Тема 4. Теории прочности.</p> <p>Тема 5. Разрушение</p>   |
|                                   | <b>ПК-7.3.</b><br>Участвует в интегрировании инновационных технологических процессов в области материаловедения и технологии           | <p>знать: интегрирование инновационных технологических процессов в области материаловедения и технологии</p> <p>уметь: интегрировать инновационные технологические процессы в области материаловедения и технологии</p> <p>владеть: навыками интегрирования инновационных технологических процессов в</p>  | <p>Тема 6. Усталостное разрушение материала.</p> <p>Тема 7. Испытания на многоцикловую усталость в статистическом аспекте.</p> |

|  |  |  |   |  |  |
|--|--|--|---|--|--|
|  |  |  | области материала-<br>ловедения и тех-<br>нологии |  |  |
|--|--|--|---|--|--|

## 1. Задания для практических занятий

### **Задание 1. Дислокационный механизм пластической деформации**

Согласно заданию (у преподавателя) найти в разных кристаллических решетках металлов плоскости и направления скольжения при пластической деформации. Изобразить их.

Определить возможности возникновения дислокаций и описать дислокационный механизм пластической деформации.

Определить при какой величине касательного напряжения начинается пластическая деформация.

### **Задание 2. Расчет предела текучести металлов и сплавов как совокупной характеристики с учетом влияния структурных уровней.**

Согласно заданию показать, что прочность металла является совокупной характеристикой его межатомных сил связи, а также влияния структурного, фазового, дисперсионного и твердорастворного упрочнения.

### **Задание 3. Произвести оценку прочности металла как суммы вкладов в упрочнение, обусловленных межатомными силами Пайерлса, твердорастворного; дислокационного; дисперсионного, зернограничного субструктурного (субзеренного) упрочнения.**

Уметь объяснить физическую сущность упрочнения.

Сравнить полученный результат с теоретической прочностью металла.

### **Задание 4. Оценка показателей сопротивления разрушению материалов**

Согласно заданию по экспериментальным данным для различных металлов определить показатели сопротивления деформирования.

Оценить какой металл имеет меньший запас прочности и при каких условиях.

### **Задание 5. Изучение комплекса методов оценки деформационных характеристик материалов**

Изучить методы оценки деформационных характеристик металлических и полимерных материалов.

Согласно заданию, выполнить расчет деформационных характеристик металлических и полимерных материалов.

### **Задание 6. Определение трещиностойкости при однократном статическом нагружении**

Согласно заданию, рассчитать характеристику статической трещиностойкости данной стали для образцов с различной толщиной.

Построить расчетную диаграмму циклического разрушения.

### **Задание 7. Определение характеристик трещиностойкости при циклическом нагружении.**

По исходным данным рассчитать степень деформации и построить графические зависимости предела прочности при растяжении, относительного удлинения, относительного сужения от степени деформации.

Согласно заданию, рассчитать параметры циклической трещиностойкости

### Задание 8. Определение критического значения коэффициента интенсивности напряжений для трещины в полимерном материале

Согласно заданию, при различных условиях аналитическим путем определить коэффициента интенсивности напряжений для трещины в полимерном материале.

#### Критерии и шкала оценивания по оценочному средству – «практические занятия»

| Шкала оценивания (интервал баллов) | Критерий оценивания   |
|------------------------------------|---|
| 5                                  | Задание выполнено на высоком уровне (студент в полном объеме осветил рассматриваемую проблематику, привел аргументы в пользу своих суждений, владеет профильным понятийным (категориальным) аппаратом и т.п.) |
| 4                                  | Задание выполнено на среднем уровне (студент в целом осветил рассматриваемую проблематику, привел аргументы в пользу своих суждений, допустив некоторые неточности и т.п.)                                    |
| 3                                  | Задание выполнено на низком уровне (студент допустил существенные неточности, изложил материал с ошибками, не владеет в достаточной степени профильным категориальным аппаратом и т.п.)                       |
| 2                                  | Задание выполнено на неудовлетворительном уровне или не представлен (студент не готов, не выполнил задание и т.п.)  |

### Задания для лабораторных работ

#### Лабораторная работа № 1. Кинетика изменения прочности при разных температурах деформирования и степенях деформации

Цель работы: определение изменения прочности порошковых материалов в зависимости от температуры и степени деформации.

Задание. Построить кривые течения при различных температурах сжатия. Построить в логарифмических координатах зависимости  $\Delta\sigma - \varepsilon_z$ . По графикам на каждой стадии определить угол наклона участка к оси абсцисс и посчитать его тангенс. По полученным результатам для каждой кривой течения построить график зависимости показателя упрочнения от степени деформации

Контрольные вопросы.

1. Что такое упрочнение?
2. Как выполняется сжатие образцов?
3. Какие показатели прочности можно определить по диаграммам деформирования при сжатии?
4. В каких координатах строятся кривые течения? Как их рассчитать?
5. Объясните установку для выполнения сжатия.
6. Что такое коэффициент деформационного упрочнения? Его физический смысл.
7. Что такое показатель деформационного упрочнения? Его физический смысл.
8. Объясните методику построения кривых течения в логарифмических координатах.
9. Какие процессы происходят на каждой стадии упрочнения?
10. Объясните зависимость показателя деформационного упрочнения от температуры и степени деформации.

#### Лабораторная работа № 2. Влияние скорости деформации на прочность порошковых материалов

Цель работы: изучить изменение прочностных свойств при различных скоростях деформации сжатия.

Задание. Построить две кривые течения при скоростях деформации  $10 \text{ с}^{-1}$  и  $0,1 \text{ с}^{-1}$ . Зарисовать и объяснить причину разрушения образца из меди марки ПМС-В, полученного сжатием при



температуре 320 °С, скорости деформации 10 с<sup>-1</sup>, степени осевой деформации 42 %. Построить в логарифмических координатах зависимости  $\Delta\sigma - \varepsilon_z$ , в результате построения должно получиться три прямолинейных участка, которые соответствуют трем стадиям процесса упрочнения. По графикам на каждой стадии определить угол наклона участка к оси абсцисс и посчитать его тангенс. По полученным результатам для каждой кривой течения построить график зависимости показателя деформационного упрочнения от скорости деформации. Описать изменение дислокационной структуры по стадиям упрочнения при сжатии

Контрольные вопросы.

1. Что такое упрочнение?
2. Как выполняется сжатие образцов?
3. Какие показатели прочности можно определить по диаграммам деформирования при сжатии?
4. В каких координатах строятся кривые течения? Как их рассчитать?
5. Как перестроить кривые течения в логарифмические координаты?
6. Что такое показатель деформационного упрочнения? Его физический смысл.
7. Какие процессы происходят на каждой стадии упрочнения?
8. Объясните зависимость показателя деформационного упрочнения от степени деформации при различных скоростях деформации

### **Лабораторная работа № 3. Анализ причин и характера разрушения по строению излома**

Цель работы: ознакомиться с изломами различных материалов и сплавов методом фрактографии

Задание. Изучить метод фрактографии. Сделать зарисовку структур изломов-образцов, которые даны заданием. Определить характер излома, причины его появления. Сделать выводы и рекомендации о недопущении эксплуатации деталей при условиях, приводящих к изломам.

Контрольные вопросы

1. В чем заключается сущность метода фрактографии?
2. Чем отличаются вязкие изломы?
3. Чем отличаются хрупкие изломы?
4. Какие факторы определяют изломы при длительном разрушении?
5. Какие факторы определяют изломы при коррозионном разрушении?
6. Какие факторы определяют изломы при разрушении от ползучести?
7. Какие факторы определяют изломы при повторно-статическом нагружении?
8. Какие факторы определяют изломы при контактной усталости?
9. Какие факторы определяют изломы при высоких температурах?

### **Лабораторная работа № 4. Изучение формы и размеров образцов, схемы нагружения**

Цель работы: изучить четыре типа образцов, характеристику их использования, разобрать схему нагружения.

Задание. Изобразить четыре типа образцов в соответствии с требованиями. Установить размеры образцов из таблицы 1 или 2 и отношение  $\sigma_{0,2} / E$  из таблицы 1 и данные занести в таблицу 3. Для образца 1 типа принять  $\sigma_{0,2} = 245$  МПа (сталь 20), II типа -  $\sigma_{0,2} = 300$  МПа (сталь 45), III типа -  $\sigma_{0,2} = 490$  МПа, IV типа -  $\sigma_{0,2} = 830$  МПа (сталь 30ХГСА). Модуль упругости сталей  $E = 210$  Н/мм<sup>2</sup>. Наметить технологию изготовления образца. Обратит внимание на нанесение усталостной трещины. Изучить и изобразить в соответствии с типом образца схему нагружения.

Контрольные вопросы

1. Какая диаграмма используется для определения характеристик трещиностойкости образцов?
2. Какие характеристики трещиностойкости используются?
3. Для чего используются характеристики трещиностойкости?
4. Дайте характеристику каждого типа образцов.
5. Какие основные размеры образцов?

6. Что такое усталостная трещина, каковы ее размеры?
7. Объясните технологию изготовления образцов.
8. Какие машины используются для определения трещиностойкости, и какова скорость нагружения

### **Лабораторная работа № 5. Диаграммы нагрузка - смещение при разрушении**

Цель работы: изучить диаграммы нагрузка-смещение при разрушении образцов четырех типов; определить характерные точки на диаграммах.

Задание. Изобразить четыре типа диаграмм «нагрузка – смещение» ( $P-v$ ) и изучить их характерные точки. По диаграммам, выполненным в масштабе, определить величину усилия, соответствующего характерным точкам диаграммы и величину смещения. Изучить излом образцов, зарисовать в отчет и определить характер излома. Замерить величину усталостной трещины. Выделить пластическую зону на диаграмме «нагрузка – смещение» ( $P-v$ ).

Рассчитать работу пластической зоны  $A_{pC}$ , по диаграммам, выполненным в масштабе.

#### Контрольные вопросы

1. Для чего нужна диаграмма нагрузка – смещение?
2. Дайте характеристику каждого типа диаграммы.
3. Что такое пластическая зона?
4. Как определить величину пластической зоны?
5. Как рассчитать работу пластической зоны, что она характеризует?

### **Лабораторная работа № 6. Изучение критериев линейной механики разрушения**

Цель работы: изучить методику расчета коэффициентов интенсивности напряжений материалов.

Задание. Изучить и изобразить диаграмму нагрузка-смещение. Определить к какому типу образцов относится каждая диаграмма. Назначить размеры образцов и исходной трещины. Определить механические свойства материала. Рассчитать коэффициенты интенсивности напряжений по формулам (1)-(4)  $K_{IC}$ ,  $K_C^*$ ,  $K_C$ .

#### Контрольные вопросы

1. Какие коэффициенты интенсивности напряжений применяются?
2. Объясните физический смысл коэффициентов интенсивности напряжений.
3. Какие исходные данные необходимы для определения коэффициентов интенсивности напряжений?
4. Какие основные типы нагружения образцов применяются для определения коэффициентов интенсивности напряжений?

### **Лабораторная работа № 7. Изучение критериев нелинейной механики разрушения**

Цель работы: изучить методику расчета критериев нелинейной механики разрушения.

Задание. Рассчитать величину раскрытия вершины трещины  $\delta_C$  и  $J$ -интеграла. Сделать выводы о необходимости определения величины раскрытия вершины трещины  $\delta_C$  и  $J_C$  – интеграла.

#### Контрольные вопросы

1. С какой целью применяются критерии нелинейной механики разрушения?
2. Объяснить физический смысл величины критического раскрытия трещин.
3. Объяснить физический смысл величины  $J_C$  – интеграла.
4. Какие исходные данные необходимы для определения критериев нелинейной механики разрушения?

**Критерии и шкала оценивания по оценочному средству –  
«лабораторные работы»**

| Шкала оценивания<br>(интервал баллов) | Критерий оценивания  |
|---------------------------------------|--|
| 5                                     | Лабораторная работа выполнена и защищена на высоком уровне (студент в полном объеме осветил рассматриваемую проблематику, привел аргументы в пользу своих суждений, владеет профильным понятийным (категориальным) аппаратом и т.п.) |
| 4                                     | Лабораторная работа выполнена и защищена на среднем уровне (студент в целом осветил рассматриваемую проблематику, привел аргументы в пользу своих суждений, допустив некоторые неточности и т.п.)                                    |
| 3                                     | Лабораторная работа выполнена и защищена на низком уровне (студент допустил существенные неточности, изложил материал с ошибками, не владеет в достаточной степени профильным категориальным аппаратом и т.п.)                       |
| 2                                     | Лабораторная работа выполнена и защищена на неудовлетворительном уровне или не представлена (студент не готов, не выполнил задание и т.п.)   |

**Оценочные средства для промежуточной аттестации (экзамен)**

**Вопросы к экзамену:**

1. Что такое дефекты кристаллов?
2. Виды дефектов.
3. Виды точечных дефектов.
4. Виды линейных дефектов.
5. Плоские дефекты.
6. Объемные дефекты.
7. Охарактеризуйте зависимость прочности материала от дефектности структуры.
8. Объясните геометрический признак дефектов.
9. Чем характеризуется устойчивость дефектов.
10. Что такое вакансии и межузельные атомы?
11. Дефекты по Френкелю и Шоттки.
12. Как определить энергию образования вакансий?
13. Как определить количество точечных дефектов?
14. При каких условиях в материалах образуются вакансии и межузельные атомы?
15. Что такое линейный дефект структуры?
16. Объясните краевую и винтовую дислокации.
17. Вектор Бюргера и ядро дислокаций.
18. Напряжения вокруг дислокаций
19. Первичное образование дислокаций и их размножение.
20. Как осуществляется движение дислокаций?
21. Как дислокации взаимодействуют?
22. Объясните существование мало- и большеугловых границ в материале.
23. Виды объемных дефектов.
24. Как влияют дефекты на прочность материала?
25. Что такое деформация? Виды деформации.
26. Что такое разрушение? Виды разрушения.

27. Что такое предел текучести и предел прочности, как они характеризуют прочность материала?
28. Назовите основные механизмы упрочнения металлических материалов.
29. Что такое субструктурное упрочнение?
30. Что такое твердорастворное упрочнение?
31. Что такое поликристаллическое упрочнение?
32. Что такое многофазное упрочнения?
33. Построение эпюры напряжений в вершинах малого эллиптического отверстия.
34. Пластическое и хрупкое разрушение.
35. Разрушение при ползучести, коррозионное разрушение.
36. Кривая роста трещины и кривая остаточной прочности.
37. Классическая схема разрушения.
38. Неклассическая схема разрушения.
39. Напряжения у контура трещины.
40. Трещина в бесконечной пластине.
41. Что такое коэффициент интенсивности напряжений?
42. Охарактеризуйте виды изломов при вязком и хрупком разрушении.
42. Объясните теорию прочности реальных твёрдых тел по Гриффитсу.
44. Охарактеризуйте четыре типа образцов для испытания на трещиностойкость.
43. Какие характеристики трещиностойкости определяют?
44. Охарактеризуйте диаграммы нагрузка-смещение при разрушении образцов четырех типов, назовите характерные точки на диаграммах.
45. Схемы изломов плоских образцов, цилиндрического образца.
46. Изобразите четыре типа диаграмм «нагрузка – смещение» (P-v) и назовите их характерные точки.
47. Методика расчета коэффициентов интенсивности напряжений материалов.
48. Методика расчета критериев нелинейной механики разрушения.

**Критерии и шкала оценивания по оценочному средству –  
«экзамен»**

| Шкала оценивания<br>(интервал баллов) | Критерий оценивания   |
|---------------------------------------|---|
| отлично (5)                           | Студент глубоко и в полном объёме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. |
| хорошо (4)                            | Студент знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.                                      |
| удовлетворительно (3)                 | Студент знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно чёткие формулировки, непоследовательность в ответах, излагаемых в устной или письменной форме. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 30% ошибок в излагаемых ответах.                                    |

|                         |  |
|-------------------------|--|
| неудовлетворительно (2) | Студент не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в трактовке понятий и категорий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Студент отказывается от ответов на дополнительные вопросы |
|-------------------------|--|

### Лист изменений и дополнений

| №<br>п/п | Виды дополнений и изменений | Дата и номер протокола заседания кафедры (кафедр), на котором были рассмотрены и одобрены изменения и дополнения | Подпись (с расшифровкой) заведующего кафедрой (заведующих кафедрами) |
|----------|-----------------------------|--|--|
|          |                             |  |  |
|          |                             |  |  |
|          |                             |  |  |
|          |                             |  |  |