

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

Б1.В.ДВ.07.02  
(индекс дисциплины)

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Исследования материалов при разрушении**

(наименование дисциплины)

по направлению подготовки (специальности)

22.03.01 Материаловедение и технологии материалов

направленность (профиль)/специализация

Современные материалы и технологии их производства

Форма обучения: Очная

Год набора: 2023

Общая трудоемкость: 4 ЗЕ

**Распределение часов дисциплины по семестрам**

Семестр	5	Итого
Форма контроля	За	
Вид занятий		
Лекции	16	<b>16</b>
Лабораторные	12	<b>12</b>
Практические	16	<b>16</b>
Руководство: курсовые работы (проекты) / РГР		
Промежуточная аттестация	0,25	<b>0,25</b>
Контактная работа	44,25	<b>44,25</b>
Самостоятельная работа	99,75	<b>99,75</b>
Контроль		
<b>Итого</b>	<b>144</b>	<b>144</b>

Рабочую программу составил(и):

Профессор кафедры НМиМ, д.т.н., профессор Клевцов Г.В.

*(должность, ученое звание, степень, Фамилия И.О.)*

---

*(должность, ученое звание, степень, Фамилия И.О.)*

---

Рецензирование рабочей программы дисциплины:

☐

Отсутствует

☐

Рецензент

*(должность, ученое звание, степень, Фамилия И.О.)*

---

Рабочая программа дисциплины составлена на основании ФГОС ВО и учебного плана направления подготовки (специальности)

22.03.01 Материаловедение и технологии материалов

**Срок действия рабочей программы дисциплины до «31» августа 2027 г.**

УТВЕРЖДЕНО

На заседании кафедры

«Нанотехнологии, материаловедение и механика»

---

(протокол заседания № 2 от «31» августа 2022 г)

### 1. Цель освоения дисциплины

Цель освоения дисциплины – Сформировать знания об особенностях и механизмах деформации и разрушения материалов.

### 2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплины и практики, на освоении которых базируется данная дисциплина: физика, химия, материаловедение и ТКМ, фазовые равновесия и структурообразование, исследование материалов при разрушении, физика прочности и пластичности.

Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее: новые материалы и технологии, нанометрология и экспертиза, механика и фрактодиагностика разрушения методы исследования, контроля и диагностики материалов, производственная практика (преддипломная практика).

### 3. Планируемые результаты обучения

Формируемые и контролируемые компетенции (код и наименование)	Индикаторы достижения компетенций (код и наименование)	Планируемые результаты обучения
ПК-3 способен проводить выбор материалов для заданных условий эксплуатации с учетом требований надежности и долговечности, экономичности и экологических последствий их применения на основе знания основных типов неорганических и органических материалов различного назначения, в том числе наноматериалов	ИД-1ПК-3. Способен проводить обоснование выбора материалов для заданных условий эксплуатации с учетом требований надежности и долговечности, экономичности и экологических последствий их применения ИД-2ПК-3. Проводит расчет эффективности использования материалов и наноматериалов	Знать: требования надежности и долговечности, экономичности и экологических последствий применения неорганических и органических материалов различного назначения, в том числе наноматериалов
		Уметь: проводить выбор материалов для заданных условий эксплуатации с учетом требований надежности и долговечности, экономичности и экологических последствий их применения
		Владеть: способностью проводить выбор материалов для заданных условий эксплуатации с учетом требований надежности и долговечности, экономичности и экологических последствий их применения

#### 4. Структура и содержание дисциплины

Модуль (раздел)	Вид учебно й работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семест р	Объем , ч.	Балл ы	Интерактив , ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного
Основные механизмы деформации и разрушения при однократных видах нагружения	Лек.1	Вязкое, хрупкое, вязко-хрупкое и смешанное разрушение. Макро- и микрофрактографические особенности строения изломов	5	4	-		Опрос
	Лаб.	Классификация видов изломов	5	6	3		Обсуждение
	Пр.	Кинетика и механизм	5	6	3	2	Обсуждение
	Лек.2	Основные понятия механики разрушения.	5	4	-		Опрос
	Лаб.	Причины охрупчивания	5	6	4		Обсуждение
	Пр.	Кинетика и механизм	5	4	3	2	Обсуждение
	Лек.3	Использование механики разрушения для оценки работоспособности конструкций и деталей машин	5	6	-		Опрос
Кинетика и механизмы усталостного разрушения	Лаб.	Особенности разрушение материалов в интервале вязко-хрупкого перехода.	5	6	3		Обсуждение
	Пр.	Методы определения критических температур	5	6	3	2	Обсуждение
	Лек.4	Кинетика и механизмы	5	4	-		Опрос
	Лаб.	Кинетика и механизм	5	6	3		Обсуждение
	Пр.	Особенности смешанного разрушения материалов	5	4	3	2	Обсуждение
	Лек.5	Кинетическая диаграмма усталостного разрушения. Пластические зоны у вершины усталостной трещины	5	6			Опрос
	Лаб.	Построение кинетических диаграмм усталостного разрушения	5	4	3		Обсуждение
	Пр.	Определение коэффициента $n$ в уравнении Периса	5	6	3	2	Обсуждение
	Лек. 6	Рентгеноструктурный анализ изломов	5	4			Опрос
	Лаб.	Определение глубины пластической зоны под поверхности изломов	5	8	4		Обсуждение
	Пр.	Оценка локального напряженного состояния материала при различных видах нагружения	5	4	3	2	Обсуждение
	Лек. 7	Определение трещиностойкости материала разрушенной конструкции или детали.	5	6			Опрос
Диагностика разрушения	Лаб.	Исследование промышленных изломов с	5	8	4		Обсуждение

Модуль (раздел)	Вид учебно й работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семест р	Объем , ч.	Балл ы	Интерактив , ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного
		нарушенной поверхностью					
	Пр.	Определение параметров усталостного разрушения (напряжения цикла, скорости роста усталостной трещины, коэффициента асимметрии цикла).	5	8	3	2	Обсуждение
Итого:				144	100		

**Схема расчета итогового балла (Текущий рейтинг + Результат итогового тестирования)/2**

## 5. Образовательные технологии

При реализации данной дисциплины используются следующие технологии:

Технология традиционного обучения – предлагает традиционную последовательность изучения нового материала, в форме лекций, лабораторных работ и самостоятельной работы студентов;

Информационные технологии – предлагают использование компьютера во время проведения занятий, например, визуальные лекции с использованием презентационного метода обучения.

Интерактивные технологии – диалоговое обучение, в ходе которого осуществляется взаимодействие между студентом и преподавателем, либо между студентами, использование метода обучения «мозговой штурм», использование элементов проблемного обучения в виде наличия вопросов проблемного характера в лабораторных работах и требований анализа полученных результатов с последующим выводом по экспериментальным и расчетным данным.

## 6. Методические указания по освоению дисциплины

Учебная деятельность студента в процессе изучения дисциплины «Механика и фрактодиагностика разрушения» состоит из контактной формы работы с преподавателем в аудитории и самостоятельной работы. Для успешного освоения дисциплины является обязательным посещение лекций, практических и лабораторных занятий и иных форм работы.

При подготовке к выполнению практических работ используется учебник: Г.В. Клевцов, Н. А. Клевцова, О. А. Фролова. Физика и механика разрушения: Основы диагностики разрушения металлических материалов: электронный учебник. - Тольятти : ТГУ, 2014. - 264 с.

Каждая из практических работ завершается выполнением теста, который позволяет студенту оценить уровень овладения изучаемой темой.

Самостоятельная работа студентов по дисциплине «Механика и фрактодиагностика разрушения» имеет особое значение, поскольку позволяет перейти от формального выполнения определенных заданий при пассивной роли студента к познавательной активности с формированием собственного мнения при решении поставленных проблемных вопросов и задач. Самостоятельная работа студентов служит получению новых знаний, упорядочению и углублению имеющихся знаний, формированию профессиональных навыков и умений.

## 7. Оценочные средства

### 7.1. Паспорт оценочных средств

Семестр	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
5	ПК-10	Вопросы к зачету № 1-19 Темы тестов № 1-500

### 7.2. Типовые задания или иные материалы, необходимые для текущего контроля

#### 7.2.1. Комплект заданий для практической работы

1. Тема «Макрофрактографический анализ изломов наноструктурированного материала, полученных при однократных видах нагружения (статических, ударных)».

1. Какой вид (схема) деформированного состояния соответствует хрупкому разрушению материала:
  - а) объемное деформированное состояние,
  - б) плоское деформированное состояние,
  - в) разноименное объемное состояние.
2. Какой вид напряженного состояния соответствует вязкому разрушению материала при испытаниях образца на изгиб?
  - а) объемное,
  - б) линейное,
  - в) плоское.
3. Почему материалы с ГЦК решеткой более пластичны?
  - а) т.к. материалы с ГЦК решеткой имеют большое количество непересекающихся систем скольжения,
  - б) т.к. ГЦК решетка более плотноуплотненная,
  - в) т.к. материалы с ГЦК имеют больше плоскостей скольжения.
4. Как влияет деформация сжатием на пластичность сталей?
  - а) пластичность возрастает,
  - б) пластичность снижается,
  - в) пластичность не меняется.
5. В каком состоянии сталь обладает большей коррозионной стойкостью?
  - а) после закалки,
  - б) после отжига,
  - в) после пластической деформации.

2. Тема «Расчет трещиностойкости наноструктурированного материала».

1. Что понимают под статической трещиностойкостью ( $K_{Ic}$ ) материала?
  - А) способность материала сопротивляться статическим нагрузкам.
  - Б) способность материала с трещиной сопротивляться статическим нагрузкам.
  - В) способность материала с трещиной сопротивляться пластической деформации.
2. Для чего в образцах для испытания на  $K_{Ic}$  выращивают усталостную трещину?
  - А) для ускорения разрушения.
  - Б) для создания более жесткого локального напряженного состояния.
  - В) для того, чтобы в образце развивалась только одна трещина.
3. В каких условиях локального напряженного состояния испытывают образцы на  $K_{Ic}$ ?
  - А) в условии плоской деформации.
  - Б) в условии плоского напряженного состояния.
  - В) особых условий нет.
4. Как влияет наноструктурирование на статическую трещиностойкость материалов?
  - А) повышает трещиностойкость.
  - Б) снижает трещиностойкость

В) влияет неоднозначно.

5. Как можно достигнуть условия плоской деформации в образце?

- А) охлаждать образец.
- Б) повышать толщину образца.
- В) увеличить скорость нагружения.

3. Тема «Оценка локального напряженного состояния наноматериала по критериям механики разрушения и макростроению изломов»

1. Какой вид излома соответствует условию плоской деформации при разрушении?

- А) хрупкий
- Б) вязкий
- В) смешанный.

2. Критерий оценки условия плоской деформации, согласно ГОСТ?

- А)  $t / (K_{Ic} / \sigma_{0,2})^2 \geq 2,5$
- Б)  $t / (K_{Ic} / \sigma_{0,2})^2 \geq 5,2$
- В)  $t / (K_{Ic} / \sigma_{0,2})^2 \geq 1,5$

3. Можно ли использовать для оценки условия плоской деформации критерий  $h_{max} / t$  ?

- А) да
- Б) нет
- В) да, но только для материалов с ОЦК решеткой.

4. Зависит ли  $K_{Ic}$  материала от размера и формы образцов?

- А) да
- Б) нет
- В) только от размера.

5. Зависит ли  $K_{sc}$  материала от размера и формы образцов?

- А) да
- Б) нет
- В) только от размера

4. Тема «Макрофрактографический анализ усталостных изломов наноструктурированного сплава».

1. Пределом выносливости (усталости) называют...

- А) напряжение, при котором материал выдерживает заданное число циклов нагружения
- Б) максимальное напряжение цикла, при котором материал выдерживает определенное число циклов нагружения (базу) без разрушения
- В) напряжение, по достижению которого происходит разрушение.

2. Укажите вид излома, при котором на его поверхности в области разрушения видны две зоны:

- А) интеркристаллитный хрупкий
- Б) вязкий
- В) усталостный.

3. Как влияет наноструктурирование на предел усталости материала?



- А) повышает предел усталости
- Б) снижает предел усталости
- В) не влияет на предел усталости.

4. В чем проявляется стадийность усталостного разрушения?

- А) в образовании усталостных зон на поверхности излома.
- Б) в количестве циклов нагружения до образования трещины и количестве циклов на ее распространение.
- В) стадийность усталостного разрушения отсутствует.

5. С чем связано образование циклической пластической зоны у вершины трещины?

- А) с обратной пластической деформацией.
- Б) с изменением локального напряженного состояния материала.
- В) с циклическими нагрузками.

5. Тема «Построение кинетических диаграмм усталостного разрушения обычного и наноструктурированного сплава».

1. В каких координатах строят кинетические диаграммы усталостного разрушения?

- А) в координатах  $dl/dN - \Delta K$ .
- Б) в координатах  $lg dl/dN - lg \Delta K$ .
- В) в координатах  $ln dl/dN - ln \Delta K$ .

2. Уравнение Пэрисса.

- А)  $dl/dN = C \Delta K^n$
- Б)  $dl/dN = C K_{max}^n$
- В)  $ln dl/dN = ln \Delta K^n$

3. Какой материал лучше сопротивляется развитию усталостной трещины?

- А) с низким значением коэффициента  $n$  в уравнении Пэрисса.
- Б) с высоким значением коэффициента  $n$  в уравнении Пэрисса.
- В) не зависит от коэффициента  $n$ .

4. Сколько участков выделяют на кинетической диаграмме усталостного разрушения?

- А) два участка.
- Б) три участка.
- В) четыре участка.

5. Укажите критические значения  $K$  на кинетической диаграмме усталостного разрушения?

- А)  $K_{th}$
- Б)  $K_{fc}$
- В)  $K_{Ic}$

#### Критерии оценки:

- оценка «отлично» выставляется, если студент правильно ответил более чем на 80 % вопросов;

- оценка «хорошо» выставляется, если студент правильно ответил правильно, не менее чем на 60 % вопросов;

- оценка «удовлетворительно» выставляется, если студент правильно ответил не менее чем на 40 % вопросов;

- оценка «неудовлетворительно» выставляется, если студент правильно ответил менее чем на 40 % вопросов.

## **Темы письменных работ**

(не предусмотрены)

### **7.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины**

#### **7.3.1. Вопросы к промежуточной аттестации**

Семестр 5

##### **Вопросы к зачету**

1. Вязкое разрушение. Механизм и фрактографические признаки вязкого разрушения.
2. Хрупкое разрушение. Механизм хрупкого разрушения.
3. Фрактографические признаки хрупкого разрушения. Транскристаллитное и интеркристаллитное (межзеренное) разрушение.
4. Вязко-хрупкий переход. Фрактографические признаки разрушения материалов в интервале вязко-хрупкого перехода.
5. Критические температуры хрупкости. Методы определения.
6. Причины перехода материалов из пластического состояния в хрупкое.
7. Хладноломкость металлов. Схема Иоффе-Давиденкова, Влияние на хладноломкость напряженного состояния, толщины образца, скорости нагружения.
8. Влияние размера зерна и наличия примесей на напряжение отрыва. Межзеренная хрупкость.
9. Виды воздействия сред эксплуатации: коррозионно-механическое растрескивание, хрупкость при контакте с расплавленными металлическими покрытиями, радиационное повреждение.
10. Задачи и основные понятия механики разрушения. Типы трещин (отрыв, поперечный сдвиг, продольный сдвиг),
11. Коэффициент интенсивности напряжения, его размерность.
12. Виды локального напряженного состояния материала у вершины трещины (плоская деформация, плоское напряженное состояние).
13. Схемы образования пластических зон при плоской деформации и плоском напряженном состоянии.
14. Схемы образования пластических зон в переходной области от плоской деформации к плоскому напряженному состоянию.
15. Критерий для определения локального напряженного состояния.
16. Связь локального напряженного состояния с критическими температурами хрупкости.
17. Условия прочности для элементов конструкций с трещиной.
18. Методы расчета коэффициента интенсивности напряжения у вершины трещины.
19. Методика экспериментального определения статической трещиностойкости материала  $K_{Ic}$ .

### 7.3.2. Критерии и нормы оценки

Семестр	Форма проведения промежуточной аттестации	Критерии и нормы оценки	
5	по накопительному рейтингу	«зачтено»	55 – 100 баллов
		«не зачтено»	0 – 54 бала

## 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 8.1. Обязательная литература

№ п/п	Авторы, составители	Заглавие (заголовок)	Тип (учебник, учебное пособие, учебно-методическое пособие, практикум, др.)	Год издания	Количество в научной библиотеке / Наименование ЭБС
2	Гуляев В. П.	Специальный раздел механики [Электронный ресурс] : деформации и разрушение стальных изделий. - Санкт-Петербург : Лань	Учебное пособие	2017	ЭБС "Лань"

### 8.2. Дополнительная литература

№ п/п	Авторы, составители	Заглавие (заголовок)	Тип (учебник, учебное пособие, учебно-методическое пособие, практикум, др.)	Год издания	Количество в научной библиотеке / Наименование ЭБС
1	Г. В. Клевцов, Н. А. Клевцова, О. А. Фролова	Физика и механика разрушения [Электронный ресурс]: Основы диагностики разрушения металлических материалов.- Тольятти: ТГУ	Электронный учебник	2014	ЭБС "РУКОНТ"
2	Белкин П. Н	Механические свойства, прочность и разрушение твёрдых тел . - Саратов: Вузовское образование	Учебное пособие	2013	ЭБС "IPRbooks"
3	Г. В. Клевцов, Бобрук Е.В., Семенова И.П., Клевцова Н.А., Валиев Р.З.	Прочность и механизмы разрушения объемных наноструктурированных металлических материалов. - Уфа: РИК УГАТУ	Учебное пособие для студентов вузов	2016	5

### 8.3. Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

- «Вестник магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова», <http://vestnik.magtu.ru>
- «Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: технические науки», <http://science.samgtu.ru/node/31>
- «Литьё и металлургия» <http://lim.bntu.by>
- «Технология металлов» <http://www.nait.ru>
- «Перспективные материалы» <http://www.j-pm.ru>

### 8.4. Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование ПО	Реквизиты договора (дата, номер, срок действия)
1	Windows:  WinPro 10 RUS Upgrd OLP NL Acdmc	договор № 757 от 04.07.2018г., срок действия – бессрочно;  контракт №1653 от 14.12.2018, срок действия – бессрочно;
2	Office Standart:  Office Standart 2016 Russian	договор № 757 от 04.07.2018г., срок действия - бессрочно;  контракт № 727 от 20.07.2016, срок действия – бессрочно;
3	Mirapolis Human Capital Management	договор № 1489 от 28.12.2022-до 30.06.2023 включительно

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

№ п/п	Наименование оборудованных учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др. объектов для проведения практических и лабораторных занятий, помещений для самостоятельной работы обучающихся (номер аудитории)	Перечень основного оборудования
1	Компьютерный класс. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для проведения лабораторных работ. Учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых работ). Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций Учебная аудитория для проведения занятий текущего контроля и промежуточной аттестации. Е-214	Столы ученические двухместные , столы ученические, стол компьютерный, стол преподавательский, ПК ,доска трехсекционная аудиторная (меловая), стул преподавательский, проектор мультимедийный ,экран для проектора, тумба выкатная
2	Лаборатория "Термообработка материалов" Учебная аудитория для	Столы ученические двухместные , стулья ученические , доска аудиторная

№ п/п	Наименование оборудованных учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др. объектов для проведения практических и лабораторных занятий, помещений для самостоятельной работы обучающихся (номер аудитории)	Перечень основного оборудования
	проведения лабораторных работ.Е-105	(меловая), шкафы для учебных пособий, столы лабораторные, микроскоп металлографический, щит силовой
3	Помещение для самостоятельной работы обучающихся Е-403	Стол ученические, стулья ученические, ПК с выходом в сеть Интернет