

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

2.1.7.1  
(индекс дисциплины)

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Закономерности разрушения металлических материалов при различных видах  
нагружения**  
(наименование дисциплины)

по направлению подготовки (специальности)

2.6.1 Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов

---

Форма обучения: Очная

Год набора: 2022

Общая трудоемкость: 3 ЗЕ

**Распределение часов дисциплины по семестрам**

Семестр/курс	4	Итого
Форма контроля	Зач.	
Вид занятий		
Лекции	4	<b>4</b>
Лабораторные	2	<b>2</b>
Практические	2	<b>2</b>
Руководство: курсовые работы (проекты) / РГР	0	<b>0</b>
Промежуточная аттестация	0	<b>0</b>
Контактная работа	8	<b>8</b>
Самостоятельная работа	100	<b>100</b>
Контроль	0	<b>0</b>
<b>Итого</b>	<b>108</b>	<b>108</b>

Рабочую программу составил(и):

**Профессор каф. 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) 2.6.1 Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов

**Срок действия рабочей программы дисциплины до 01.10.2026 г.**

УТВЕРЖДЕНО

На заседании кафедры

Нанотехнологии, материаловедение и механика

---

(протокол заседания № 2 от «31» августа 2021г.).

## 1. Цель освоения дисциплины

Цель освоения дисциплины – сформировать знания об особенностях и механизмах деформации и разрушения материалов и дать навыки об использовании этих знаний на практике.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплины и практики, на освоении которых базируется данная дисциплина: Методика постановки и проведения эксперимента, Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов, Закономерности разрушения металлических материалов при различных видах нагружения.

Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее: Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена, Представление научного доклада об основных результатах подготовленной научно-квалификационной работы (диссертации)

## 3. Планируемые результаты обучения

Планируемые результаты обучения
<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- количественную и качественную взаимосвязь химического и фазового состава, кристаллической структуры, структурного состояния и физическими, механическими, химическими и другими свойствами металлов и сплавов</li><li>- внешние воздействия на структурно-фазовое состояние металлов и сплавов; зарождение и распространение трещин</li><li>- наиболее экономичные и надежные металлические материалы для конкретных технических назначений</li></ul>
<p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- устанавливать количественную и качественную взаимосвязь химического и фазового состава, кристаллической структуры, структурного состояния и физическими, механическими, химическими и другими свойствами металлов и сплавов</li><li>- исследовать внешние (термических, механических, термохимических, магнитных, акустических и других) воздействия на структурно-фазовое состояние металлов и сплавов; зарождение и распространение трещин</li><li>- провести научно-обоснованный выбор наиболее экономичных и надежных металлических материалов для конкретных технических назначений</li></ul>
<p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- умением на научной основе устанавливать количественную и качественную взаимосвязь химического и фазового состава, кристаллической структуры, структурного состояния и физическими, механическими, химическими и другими свойствами металлов и сплавов</li><li>- способностью к теоретическим и экспериментальным исследованиям внешних (термических, механических, термохимических, магнитных, акустических и других) воздействий на структурно-фазовое состояние металлов и сплавов; зарождение и распространение трещин</li><li>- способностью к научно-обоснованному выбору наиболее экономичных и надежных металлических материалов для конкретных технических назначений</li></ul>

#### 4. Структура и содержание дисциплины

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
Закономерности разрушения металлических материалов при различных видах нагружения	Лек.	Особенности и механизм разрушения материалов при однократных видах нагружения (статическое, ударное).	4	2	-	-	Опрос
	Пр.	Классификация видов разрушения материалов при однократных видах нагружения.	4	2	-	2	Обсуждение
	Лек.	Кинетика и механизмы усталостного разрушения материалов. Мало- и многоцикловая усталость	4	2	-	-	Опрос
	Лаб.	Построение кинетических диаграмм. Уравнение Перисв	4	2	-	2	Обсуждение
<b>Итого:</b>				<b>8</b>			

## 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 «Механизмы деформации и разрушения наноматериалов» 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 «Механизмы деформации и разрушения наноматериалов» 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	Наименование оценочного средства
4	Тестовые задания № 1-3.
	Вопросы к экзамену № 1-18
	Тестовые задания № 4
	Вопросы к экзамену № 19-29

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

### **7.2.1. Комплект заданий для практической работы**

#### **Типовой(ые) пример(ы) задания(ий)**

- 1. Тема. «Макрофрактографический анализ изломов материалов, полученных при однократных видах нагружения (статических, ударных)».**
2. Какой вид (схема) деформированного состояния соответствует хрупкому разрушению материала:
  - а) объемное деформированное состояние,
  - б) плоское деформированное состояние,
  - в) разноименное объемное состояние.
3. Какой вид напряженного состояния соответствует вязкому разрушению материала при испытаниях образца на изгиб?
  - а) объемное,
  - б) линейное,
  - в) плоское.
4. 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.
5. Как влияет деформация сжатием на пластичность сталей?
  - а) пластичность возрастает,
  - б) пластичность снижается,
  - в) пластичность не меняется.
6. В каком состоянии сталь обладает большей коррозионной стойкостью?
  - а) после закалки,
  - б) после отжига,
  - в) после пластической деформации.

#### **2. Тема. «Влияние вида нагружения на механизм разрушение материалов»**

1. Что способствует образованию пор при вязком разрушении?
  - А) Скопления дислокаций.
  - Б) Наличием включений.
  - В) Границы зерен.
2. К какому виду изломов следует отнести излом электрического проводника, полученный в результате короткого замыкания?
  - А) К механическому излому.
  - Б) От термических напряжений.
  - В) От совместного воздействия механических нагрузок и термических напряжений.
3. Излом детали, работающей при комнатной температуре - синий. При каком виде нагружения, скорее всего, он был получен?
  - А) При кратковременном однократном нагружении.
  - Б) При длительном статическом нагружении.

В) При усталостном нагружении.

4. Какие причины могут вызвать «звездочный» излом?

- А) Текстура материала.
- Б) Неоднородность химического состава.
- В) Высокая скорость нагружения.

5. Какие причины могут вызвать волокнисто-полосчатый излом?

- А) Текстура материала.
- Б) Неоднородность химического состава.
- В) Высокая скорость нагружения.

### **3. Тема. «Разрушение при однократном нагружении»**

1. Аустенитная сталь при комнатной температуре разрушается вязко. Может ли она при низкой температуре разрушиться:

- А) вязко?
- Б) вязко-хрупко?
- В) по смешанному механизму?

2. С чем связано рассредоточенное разрушение стали?

- А) С разрушением в интервале вязко-хрупкого перехода.
- Б) С неоднородностью распределением феррито-перлитной структуры.

3. Аустенитная сталь разрушается по механизму межзеренного хрупкого разрушения. Можно ли изменить механизм разрушения,:

- А) продеформировав сталь?
- Б) изменив скорость нагружения?
- В) изменив толщину образца.

4. Какие причины могут вызвать камневидный излом стали?

- А) Большое количество примесей в стали.
- Б) Перегрев стали при ТО.
- В) Пережог стали при ТО.

5. С чем связана высокая пластичность металлов с ГЦК решеткой?

- А) С наличием большого количества плоскостей скольжения.
- Б) С плотной упаковкой решетки.
- В) С наличием большого количества непересекающихся плоскостей скольжения.

### **4. Тема: «Макрофрактографический анализ усталостных изломов»**

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.

### Критерии оценки:

- оценка «зачтено» выставляется студенту, если правильно отвечено более, чем на 40 % вопросов;
- оценка «не зачтено» выставляется студенту, если правильно отвечено 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 4

№	Вопросы к зачету
1	Классификация изломов металлических материалов.
2	Вязкое разрушение. Механизм и фрактографические признаки вязкого разрушения.
3	Хрупкое разрушение. Механизм хрупкого разрушения.
4	Фрактографические признаки хрупкого разрушения. Транскристаллитное и интеркристаллитное (межзеренное) разрушение.
5	Вязко-хрупкий переход. Фрактографические признаки разрушения материалов в интервале вязко-хрупкого перехода.
6	Критические температуры хрупкости. Методы определения.
7	Причины перехода материалов из пластического состояния в хрупкое.
8	Хладноломкость металлов. Схема Иоффе-Давиденкова, Влияние на хладноломкость напряженного состояния, толщины образца, скорости нагружения.
9	Влияние размера зерна и наличия примесей на напряжение отрыва. Межзеренная хрупкость.



10	Виды воздействия сред эксплуатации: коррозионно-механическое растрескивание, хрупкость при контакте с расплавленными металлическими покрытиями, радиационное повреждение.
11	Испытание образцов на усталость.
12	Цикл усталостного нагружения (амплитуда).
13	Многоцикловая усталость.
14	Малоцикловая усталость.
15	Кинетическая диаграмма усталостного разрушения.
16	Соотношение макро- и микроскорости усталостной трещины
17	Зоны пластической деформации при усталостном разрушении.
18	Схемы образования пластических зон.
19	Факторы, влияющие на скорость распространения трещины.
20	Уравнение Коффина-Менеона.
21	Факторы, влияющие на предел выносливости.
22	Методы расчета конструкций на выносливость.
23	Виды циклов.
24	Кривые усталости.
25	Квазистатическое разрушение.
26	Малоцикловая и многоцикловая усталость.
27	Цикл усталостного нагружения (коэффициент асимметрии).
28	Цикл усталостного нагружения (частота циклов).
29	Фрактографические признаки усталостных изломов.

### 7.3.2. Критерии и нормы оценки

Семестр	Форма проведения промежуточной аттестации	Критерии и нормы оценки	
4	Устный ответ	«зачтено»	студент правильно ответил не менее чем на 40 % вопросов.
		«не зачтено»	студент правильно ответил менее чем на 40 % вопросов.

## 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
1	Гуляев В. П.	Специальный раздел механики [Электронный ресурс] : деформации и разрушение стальных изделий. - Санкт-Петербург : Лань	Учебное пособие	2022	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 04.07.2018, срок действия – бессрочно; контракт № 1653 от 14.12.2018, срок действия – бессрочно
2	Office Standard: OfficeStd 2019 RUS OLP NL Acdmc	контракт № 1653 от 14.12.2018, срок действия – бессрочно

### 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 проведения лабораторных работ Е-105	Столы ученические двухместные , стулья ученические , доска аудиторная (меловая), шкафы для учебных пособий, столы лабораторные, микроскоп металлографический, щит силовой
3	Помещение для самостоятельной работы обучающихся Г-401	Столы ученические, стулья ученические, ПК с выходом в сеть Интернет

№ 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
4	Помещение для самостоятельной работы обучающихся Д-409	Стол� ученические, стулья ученические, ПК с выходом в сеть Интернет