Минобрнауки России

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет имени В.А. Бондаренко»

Кафедра производственных технологий обработки материалов

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

ДИСЦИПЛИНЫ

«Б1.Д.В.8 Диагностика разрушения»

Уровень высшего образования

БАКАЛАВРИАТ

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

Материаловедение в машиностроении
(наименование направленности (профиля) образовательной программы)

Квалификация
Бакалавр

Форма обучения
Очная

Год набора 2026

Рабочая программа дисциплины «*Б1.Д.В.8 Диагностика разрушения*» рассмотрена и утверждена на заседании кафедры

Кафедра производственных технологий обработки материалов
наименование кафедры

протокол № 8 от "20" марта 2026 г.

Заведующий кафедрой
Кафедра производственных технологий обработки материалов — Е.Ю. Приймак
наименование кафедры — *подпись* — *расшифровка подписи*

Исполнители:

доцент — А. В. Исаева
должность — *подпись* — *расшифровка подписи*

СОГЛАСОВАНО:
Председатель методической комиссии по направлению подготовки
22.03.01 Материаловедение и технологии материалов — Е.Ю. Приймак
код наименование — *личная подпись* — *расшифровка подписи*

Заведующий отделом формирования фонда и научной обработки документов
С.А. Биктимирова
личная подпись — *расшифровка подписи*

Уполномоченный по качеству АКИ
А.М. Черноусова
личная подпись — *расшифровка подписи*

№ регистрации _____

© Исаева А. В., 2026
© ОГУ, 2026

1 Цели и задачи освоения дисциплины

Цель освоения дисциплины: освоение обучающимися методологических приемов при решении задач диагностики разрушений материалов и конструкций.

Задачи:

- ознакомить студентов с основными видами изломов и механизмами разрушения металлических материалов;
- ознакомить студентов с основами физики и механики разрушения;
- дать основные представления о современных методах исследования свойств и структуры материала, а также строения изломов;
- ознакомить студентов с методологией диагностики разрушения;
- ознакомить студентов с конкретными методами диагностики разрушения, их возможной комбинацией применительно к решению практических задач.

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к обязательным дисциплинам (модулям) вариативной части блока Д «Дисциплины (модули)»

Пререквизиты дисциплины: *Б1.Д.В.3 Системы искусственного интеллекта в материаловедении, Б1.Д.В.10 Механические и физические свойства материалов*

Постреквизиты дисциплины: *Б1.Д.В.12 Контроль качества готовых изделий*

3 Требования к результатам обучения по дисциплине

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих результатов обучения

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
ПК*-2 Способен применять навыки использования принципов и методик комплексных исследований, испытаний, измерений и диагностики материалов, изделий и процессов их производства, обработки и модификации, включая стандартные и сертификационные испытания	ПК*-2-В-1 Применяет навыки использования принципов и методик комплексных исследований, испытаний, измерений и диагностики материалов, изделий и процессов их производства, обработки и модификации ПК*-2-В-2 Применяет навыки использования принципов и методик стандартных и сертификационных испытаний	**Знать:** классификацию изломов, основанную на различных принципах; фрактографические признаки различных видов изломов, их связь с механизмами разрушения; основы физики и механики разрушения; основные методы исследования изломов; конкретные методики определения свойств и параметров нагружения разрушенного объекта **Уметь:** на основе анализа условий работы

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
		конструкций и деталей машин выбирать методику исследования параметров и причин разрушения; интерпретировать результаты; использовать результаты исследования изломов для объяснения причин разрушения объектов; формулировать рекомендации, позволяющие предотвратить новые разрушения **Владеть:** методиками приготовления объектов исследования; навыками использования принципов и методик анализа и диагностики разрушения материалов и конструкций с учетом условий эксплуатации.

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы (144 академических часа).

Вид работы	Трудоемкость, академических часов	
	6 семестр	всего
Общая трудоёмкость	**144**	**144**
Контактная работа:	**45,25**	**45,25**
Лекции (Л)	16	16
Практические занятия (ПЗ)	14	14
Лабораторные работы (ЛР)	14	14
Консультации	1	1
Промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	0,25	0,25
Самостоятельная работа: *- выполнение индивидуального задания (ИЗ);* *- самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий;* *- подготовка к лабораторным занятиям;* *- подготовка к практическим занятиям;* *- подготовка к рубежному контролю.)*	**98,75**	**98,75**
Вид итогового контроля (экзамен)	**экзамен**	

Разделы дисциплины, изучаемые в 6 семестре

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	Макро- и микростроение изломов металлических материалов	14	2		2	10
2	Методы исследования изломов	12	2			10
3	Разрушение металлических материалов при однократных видах нагружения	34	4	8	6	16
4	Разрушение металлических материалов при циклическом нагружении	22	2	2	2	16
5	Разрушение при длительном действии статических нагрузок	18	2			16
6	Диагностика характера дефектов материала, способствующих разрушению деталей	20	2		2	16
7	Диагностика аварийного разрушения промышленных конструкций и деталей машин	24	2	4	2	16
	Итого:	144	16	14	14	100
	Всего:	144	16	14	14	100

4.2 Содержание разделов дисциплины

1 Макро- и микростроение изломов металлических материалов

Классификация изломов. Макростроение изломов. Микростроение изломов. Стадийность и самоподобие процесса разрушения.

2 Методы исследования изломов

Методики подготовки изломов к исследованию. Световая микрофрактография. Растровая электронная микроскопия. Просвечивающая электронная микроскопия. Электронная спектроскопия. Количественная фрактография. Количественная стереоскопическая фрактография. Рентгеноструктурный анализ, как метод исследования изломов.

3 Разрушение металлических материалов при однократных видах нагружения

Основные виды разрушения и строения изломов. Вязкое разрушение. Квазихрупкое разрушение. Хрупкое разрушение. Вязкохрупкое разрушение. Смешанное разрушение.

Влияние различных факторов на охрупчивание материалов. Влияние температуры испытания. Хладноломкость металлов. Влияние напряженного состояния и уровня прочности материалов. Влияние скорости нагружения. Влияние окружающей среды.

Элементы механики разрушения при однократных видах нагружения. Некоторые понятия механики разрушения. Пластические зоны и локальное напряженное состояние материала у вершины трещины.

4 Разрушение металлических материалов при циклическом нагружении

Механизм и стадийность усталостного разрушения. Зарождение усталостной трещины. Распространение усталостной трещины.

Характеристики условий нагружения и усталостной трещины. Циклы, схемы и виды нагружения. Кривая усталости. Малоцикловая, многоцикловая и гигоцикловая усталость.

Элементы механики разрушения при циклическом нагружении. Коэффициенты интенсивности напряжения при циклическом нагружении. Кинетическая диаграмма усталостного разрушения. Пластические зоны у вершины усталостной трещины.

Особенности строения изломов при усталостном разрушении. Виды усталостных изломов. Зональность строения изломов. Зона зарождения трещины. Зона стабильного роста трещины. Зона нестабильного роста трещины. Зона долома.

5 Разрушение при длительном действии статических нагрузок

Замедленное разрушение. Понятие статической трещиностойкости. Критерии разрушения в линейно-упругой и нелинейной механике. Экспериментальные методы определения трещиностойкости. Строение изломов при замедленном разрушении.

Коррозионное растрескивание под напряжением. Особенности процесса. Методы испытаний. Критерии оценки склонности сталей к коррозионному растрескиванию под напряжением. Строение изломов при коррозионном растрескивании.

Разрушение при ползучести. Основные понятия, характеристики ползучести и релаксации напряжений. Характеристики ползучести. Параметры ползучести. Механизмы разрушения при ползучести. Карты механизмов разрушения. Строение изломов при длительном воздействии статических нагрузок и повышенных температур.

6 Диагностика характера дефектов материала, способствующих разрушению деталей

Технологические дефекты слитка. Технологические дефекты прокатки. Дефекты водородного происхождения. Дефекты изломов перегретой стали. Диагностика характера трещин, образовавшихся на различных стадиях изготовления деталей. Дефекты цементованных деталей.

7 Диагностика аварийного разрушения промышленных конструкций и деталей машин

Рекомендации по методике диагностирования разрушенных деталей. Алгоритм диагностирования отказов. Оценка общего состояния объекта исследования. Анализ внешнего состояния. Оценка качества изготовления и материала детали. Анализ условий работы.

Фрактодиагностика эксплуатационных повреждений. Определение свойств материала и параметров разрушения фрактографическими методами. Рентгеновская фрактодиагностика разрушения.

4.3 Лабораторные работы

№ ЛР	№ раздела	Наименование лабораторных работ	Кол-во часов
1	1	Макро- и микростроение изломов	2
2	3	Определение характера разрушения металла при однократном нагружении	2
3	3	Определение пластических зон под поверхностью изломов	2
4	3	Определение порога хладноломкости сталей	2
5	4	Определение характера усталостных изломов	2
6	6	Идентификация технологических дефектов	2
7	7	Диагностика причин повреждений различных деталей и элементов конструкций	2
		Итого:	14

4.4 Практические занятия

№ занятия	№ раздела	Тема	Кол-во часов
1,2	3	Оценка и определение склонности элементов конструкции к хрупкому разрушению	4
3,4	3	Определение характеристик трещиностойкости металла при однократном статическом нагружении	4
5	4	Расчет на циклическую долговечность	2

№ занятия	№ раздела	Тема	Кол-во часов
6,7	7	Диагностика аварийного разрушения промышленных конструкций и деталей машин	4
		Итого:	14

5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

5.1 Основная литература

5.1.1. Фрактодиагностика разрушения металлических материалов и конструкций [Текст]: учеб. пособие для вузов / Г. В. Клевцов [и др.]. - М.: МИСиС, 2007. - 264 с. - Библиогр. в конце гл. - ISBN 978-5-87623-176-5.

5.2 Дополнительная литература

5.2.1. Дефекты и повреждения деталей и конструкций [Текст]: монография / В. М. Кушнаренко [и др.]; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. Учреждение высш. проф. образования "Оренбург. гос. ун-т". - Оренбург: РУССЕРВИС, 2012. - 531 с.: ил. - Библиогр.: с. 526-531. - ISBN 978-5-904627-16-4.

5.2.2. Электронномикроскопическая фрактография [Текст]: альбом / под ред. Л. М. Утевского; Волгоград. обл. правление НТО ЧМ, Металлург. ордена Ленина и ордена Трудового Красного знамени завод "Красный Октябрь". - М.: Металлургия, 1973. - 44 с.: ил.

5.2.3. Фрактография - средство диагностики разрушенных деталей [Текст] / под ред. М. А. Балтер. - М.: Машиностроение, 1987. - 160 с.: ил. + 56 вкл. л. - Библиогр.: с. 154-158.

5.3 Периодические издания

5.3.1 Физика металлов и металловедение : журнал. - Москва : Российская академия наук, 2023. – Т. 124, № 1-12, 2024. – Т. 125, № 1-12

5.3.2 Frontier Materials & Technologies: журнал. - ФГБОУ ВО «Тольяттинский государственный университет» https://vektornaukitech.ru/jour?locale=en_US .

5.3.3 Металловедение и термическая обработка металлов : журнал. - Москва : ИД "Фолиум", 2023. - № 1 -12, 2024. - № 1-12.

5.3.4 Деформация и разрушение материалов : журнал. - Москва : ООО "Наука и технологии", 2024. - № 1-12, 2025. - № 1-9.

5.3.5 Черные металлы : журнал. - Москва : АО "Издательский дом "Руда и Металлы".

5.4 Интернет-ресурсы

5.4.1 http://window.edu.ru/ − информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам

5.4.2 http://docs.cntd.ru − электронный фонд правовой и нормативно-технической документации «Техэксперт».

5.5 Программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы

5.5.1 Операционная система РЕД ОС.

5.5.2 Пакет офисных приложений «МойОфис Образование».

5.5.3 Для работы с ресурсами Интернет - веб-браузер Яндекс https://yandex.ru/ .

5.5.4 Автоматизированная интерактивная система сетевого тестирования - АИССТ (зарегистрирована в РОСПАТЕНТ, Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2011610456, правообладатель – Оренбургский государственный университет), режим доступа - http://aist.osu.ru.

6 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, семинарского типа, для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Аудитории оснащены комплектами ученической мебели, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Для проведения лабораторных занятий используется лаборатория материаловедения, пробоподготовки и структурных исследований оснащенная следующим оборудованием и приборами: оптико-цифровой металлографический микроскоп OLYMPUS DSX1000 (1 шт.); микротвердомер ПМТ-3М; многофункциональный твердомер типа Роквелл марки ОКПД2; шлифовально-полировальный станок для подготовки металлографических образцов Metkon; настольный растровый электронный микроскоп с системой микроанализа JEOL JCM-6000; прецизионный металлографический отрезной станок, MICRCUT 151, установка электролитического полирования и травления PULITROL; дифрактометр рентгеновский МД-10; оптико-эмиссионный спектрометр Labspark 1000; комплект образцов высоколегированных сталей (конструкционных, инструментальных, специального назначения); набор химреактивов для травления образцов микрошлифов; сканер механических напряжений "Stress Vision LAB"; комплект кодотранспорантов по курсу материаловедение; плакаты.

Помещение для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой, подключенной к сети «Интернет», и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ОГУ.