

УТВЕРЖДАЮ
 Декан факультета

_____ Знаменский Е.А.

« ____ » _____ 20__

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ОСНОВЫ МЕХАНИКИ РАЗРУШЕНИЯ

Направление/специальность подготовки	15.03.03 Прикладная механика
Специализация/профиль/программа подготовки	Цифровое моделирование механических систем и процессов
Уровень высшего образования	Бакалавриат
Форма обучения	Очная
Факультет	Е Оружие и системы вооружения
Выпускающая кафедра	Е7 МЕХАНИКА ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА
Кафедра-разработчик рабочей программы	Е7 МЕХАНИКА ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА

КУРС	СЕМЕСТР	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ)	ЧАСЫ (по наличию видов занятий)									ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ
			ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ	АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ				САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА				
				ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	ВСЕГО	КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	КУРСОВАЯ РАБОТА	ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ	
4	7	4	144	51	17	0	34	93	0	0	93	диф. зач.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА СОСТАВЛЕНА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ФЕДЕРАЛЬНОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ (ФГОС ВО)

15.03.03 Прикладная механика

год набора группы: 2025

Программу составили:

Кафедра Е7 МЕХАНИКА ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА
Санников Владимир Антонович, д.т.н., доцент, профессор

Кафедра Е7 МЕХАНИКА ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА
Воронов Алексей Сергеевич, преподаватель

Программа рассмотрена
на заседании кафедры-разработчика
рабочей программы **Е7 МЕХАНИКА ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА**

Заведующий кафедрой Санников В.А., д.т.н., доц.

Программа рассмотрена
на заседании выпускающей кафедры

Е7 МЕХАНИКА ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА

Заведующий кафедрой Санников В.А., д.т.н., доц.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ОСНОВЫ МЕХАНИКИ РАЗРУШЕНИЯ

Разделы рабочей программы

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Приложения к рабочей программе дисциплины

- Приложение 1. Аннотация рабочей программы
- Приложение 2. Технологии и формы обучения
- Приложение 3. Фонды оценочных средств

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ПК-8.1 — Способен применять CAD/CAE технологии при моделировании поведения элементов механических систем, необходимом для решения производственных проектно-конструкторских задач

ПК-8.2 — Способен учитывать особенности цифрового анализа технических систем при ударном, вибрационном, температурном нагружениях, наличии концентрации напряжений, контактных взаимодействиях, потери несущей способности, а также при усталостных разрушениях

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ПК-8.1

знания:

основные понятия и методы механики разрушения и механики деформируемого твердого тела с трещиноподобными дефектами;

умения:

интерпретировать результаты и делать выводы, использовать физико-математический аппарат для решения задач, возникающих в ходе профессиональной деятельности и практического решения задач механики разрушения;

навыки:

выбирать адекватные способы и методы решения теоретических, прикладных и экспериментальных задач механики разрушения.

ПК-8.2

знания:

фундаментальные понятия, законы и теории современной и классической физики;

умения:

использовать математическую символику для выражения количественных и качественных соотношений объектов;

навыки:

применения современного математического инструментария для решения математических, физических, технических задач.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ОСНОВЫ МЕХАНИКИ РАЗРУШЕНИЯ** является дисциплиной **части**, формируемой участниками образовательных отношений блока 1, программы подготовки по направлению 15.03.03 Прикладная механика.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ, ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА, ТЕОРИЯ УПРУГОСТИ.**

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ МЕХАНИКИ, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА, ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МЕХАНИКА.**

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности
- ОПК-11 — Способен выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения физико-математический аппарат и современные компьютерные технологии
- ПК-8.1 — Способен применять CAD/CAE технологии при моделировании поведения элементов механических систем, необходимом для решения производственных проектно-конструкторских задач

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 ч.

3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %	
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ПК-8.1	ПК-8.2
4	7	Раздел 1. Введение. Предмет механики разрушения и основные понятия. Вязкое и хрупкое разрушение. 1.1. Специфика дисциплины “Механики разрушения” 1.2. Классификация дефектов в материалах и твердых телах (дефекты кристаллических структур материалов, микродефекты в сплавах поликристаллической структуры материалов, изучаемые в металловедении, макродефекты в деформируемом теле с учетом устойчивости создаваемого ими напряженно-деформированного состояния в упругопластической области и возможностей роста дефектов, анализируемые методами механики). 1.3. Трещинообразные дефекты в механике разрушения. Терминология. Стадии развития усталостного разрушения в конструкциях из поликристаллических металлических материалов. 1.4. Описание видов разрушений и их примеры. 1.5. Критерий хрупкого разрушения. Соппротивление материала отрыву. 1.6. Критерий вязкого разрушения. Предельная пластическая де-формация. Консервативная оценка коэффициента снижения предельной пластической деформации. 1.7. Влияние температуры на параметры процесса разрушения.	17	6	2	4	11	10	10
4	7	Раздел 2. Напряжения и деформации в вершине трещины в упруго деформируемом теле. 2.1. Моделирование трещин с помощью надрезов эллиптической формы. 2.2. Метод сечений для приближенного расчета коэффициента интенсивности напряжений. 2.3. Напряжённо-деформированное состояние у вершины клиновидного надреза. Решение Уильямса.	17	6	2	4	11	10	10
4	7	Раздел 3. Принцип суперпозиции при определении напряжённого состояния у вершины трещины. 3.1. Виды смещений берегов трещины и принцип суперпозиции при определении напряжённого состояния у вершины трещины. 3.2. Расчёт коэффициента интенсивности напряжений по коэффициенту концентрации и по формуле Л.И. Седова.	17	6	2	4	11	10	10
4	7	Раздел 4. Силовой и энергетический критерии разрушения линейной механики разрушения. 1. Расчёты прочности пластин с трещинами с использованием силового критерия Ирвина. 2. Расчёты допустимых значений трещиноподобных дефектов в деталях с использованием силового критерия Ирвина и энергетического критерия разрушения Гриффитса. 3. Расчёты прочности пластин с трещинами с использованием уравнения баланса высвобождающейся упругой энергии при увеличении длины трещины и энергии, расходуемой на увеличение поверхности трещины.	16	6	2	4	10	10	10
4	7	Раздел 5. Уточнения формул линейной механики разрушения, связанные с наличием пластических зон в вершинах трещины. Формула податливости Ирвина. 1. Анализ диаграмм деформирования упругого образца с трещиной, имеющей у ее вершин пластические зоны. 2. Использование формулы податливости Ирвина для оценки прочности деталей с трещинами и для экспериментального определения коэффициента интенсивности напряжений. 3. Расчёты прочности пластин с трещинами с использованием силового критерия Ирвина и поправки Ирвина на пластическую зону у вершины трещины. 4. Расчеты необходимых размеров образцов для испытаний на трещиностойкость с учетом размеров пластических зон у вершин трещин.	16	6	2	4	10	10	10
4	7	Раздел 6. Экспериментальное определение критического коэффициента интенсивности напряжений. 6.1. Пластическая область у вершины трещины в листовом образ-це и зависимость ее формы от толщины листа. 6.2. Экспериментальное определение критического коэффициента интенсивности напряжений. 6.3. Зависимость критического коэффициента интенсивности напряжений от температуры и скорости нагружения.	16	6	2	4	10	10	10
4	7	Раздел 7. Движение усталостных трещин. 1. Способ оценки скорости роста усталостных трещин на основе уравнения Пэриса-Эрдогана. 2. Методы расчета роста длины трещины при циклических нагружениях деталей со сквозными и поверхностными трещинами. 3. Методы расчета длины трещины при циклических нагружениях деталей с учетом асимметрии цикла нагружения и нечувствительности скорости роста трещин к малым значениям коэффициента интенсивности напряжений в цикле нагружения (с использованием формул Волкера и Формана).	16	6	2	4	10	20	20
4	7	Раздел 8. Методы и критерии нелинейной механики разрушения. J-интеграла и связь его с пластическим раскрытием вершины трещины. 1. Способ расчетной оценки несущей способности тел с трещинами на основе критерия разрушения в виде пластического раскрытия вершины трещины. 2. Оценка прочности тел с трещинами на основе энергетического критерия разрушения, основанного на вариационном принципе. 3. Способ расчетной оценки тел с трещинами на основе критерий в виде J-интеграла. 4. Методы определения предельного значения J-интеграла и критерий разрушения.	29	9	3	6	20	20	20
Всего за 7 семестр			144	51	17	34	93	100	100
Всего по дисциплине			144	51	17	34	93	100	100

3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
-------	---	----------------------------	-------------------

1	Раздел 1. Введение. Предмет механики разрушения и основные понятия. Вязкое и хрупкое разрушение.	Напряжения и деформации в вершине трещины в упруго деформируемом теле. 1. Расчет приближенного расчета коэффициента интенсивности напряжений методом сечений для пластин конечной ширины с трещинами. 2. Сравнение напряжённо-деформированного состояния у вершины трещины клиновидного надреза по решению Уильямса и по решению нелинейной задачи с конечным радиусом закругления в в вершине.	4
2	Раздел 2. Напряжения и деформации в вершине трещины в упруго деформируемом теле.	Расчет приближенного расчета коэффициента интенсивности напряжений методом сечений для пластин конечной ширины с трещинами. Сравнение напряжённо-деформированного состояния у вершины трещины клиновидного надреза по решению Уильямса и по решению нелинейной задачи с конечным радиусом закругления в в вершине.	4
3	Раздел 3. Принцип суперпозиции при определении напряжённого состояния у вершины трещины.	1. Расчёт коэффициента интенсивности напряжений в пластинах по коэффициенту концентрации напряжений 2. Расчёт коэффициента интенсивности напряжений в пластинах по формуле Л.И. Седова. 3. Расчет эффективного коэффициента интенсивности напряжений с использованием принципа суперпозиции при определении напряжённого состояния у вершины трещины.	4
4	Раздел 4. Силовой и энергетический критерии разрушения линейной механики разрушения.	1. Расчёты прочности пластин с трещинами с использованием силового критерия Ирвина. 2. Расчёты допустимых значений трещиноподобных дефектов в деталях с использованием силового критерия Ирвина и энергетического критерия разрушения Гриффитса. 3. Расчёты прочности пластин с трещинами с использованием уравнения баланса высвобождающейся упругой энергии при увеличении длины трещины и энергии, расходуемой на увеличение поверхности трещины.	4
5	Раздел 5. Уточнения формул линейной механики разрушения, связанные с наличием пластических зон в вершинах трещины. Формула податливости Ирвина.	1. Анализ диаграмм деформирования упругого образца с трещиной, имеющей у ее вершин пластические зоны. 2. Использование формулы податливости Ирвина для оценки прочности деталей с трещинами и для экспериментального определения коэффициента интенсивности напряжений. 3. Расчёты прочности пластин с трещинами с использованием силового критерия Ирвина и поправки Ирвина на пластическую зону у вершины трещины. 4. Расчеты необходимых размеров образцов для испытаний на трещиностойкость с учетом размеров пластических зон у вершин трещин.	4
6	Раздел 6. Экспериментальное определение критического коэффициента интенсивности напряжений.	1. Способ расчетной оценки размеров пластической области у вершины трещины в листовом образце в зависимости от толщины листа. 2. Методы определения критического коэффициента интенсивности напряжений по результатам испытаний различных образцов.	4
7	Раздел 7. Движение усталостных трещин.	1. Оценка скорости роста уста-лостных трещин на основе уравнения Пэриса-Эрдогана. 2. Расчеты длины трещины при циклических нагружениях деталей со сквозными и поверхностными трещинами. 3. Расчеты длины трещины при циклических нагружениях деталей с учетом асимметрии цикла нагружения и нечувствительности скорости роста трещин к малым значениям коэффициента интенсивности напряжений в цикле нагружения (с использованием формулы Формана). Решение задач о распространении трещин и оценка предельной нагрузки	4
8	Раздел 8. Методы и критерии нелинейной механики разрушения. J-интеграла и связь его с пластическим	1. Оценка прочности тел с трещинами на основе критерия разрушения в виде пластического раскрытия вершины трещины. 2. Оценка прочности тел с трещинами на основе энергетического критерия разрушения, основанного на вариационном принципе.	6

	раскрытием вершины трещины.		
Всего за 7 семестр			34

3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Введение. Предмет механики разрушения и основные понятия. Вязкое и хрупкое разрушение.	1. Формирование представлений о трещинообразных дефектах в деталях и конструкциях. Освоение терминологии механики разрушения. Понятия о стадиях развития усталостного разрушения в конструкциях из поликристаллических металлических материалов. 2. Параметры, входящие в критерии хрупкого разрушения. Сопротивление материала отрыву. 3. Критерий вязкого разрушения и используемые в нем параметры. 4. Представления о влиянии температуры на параметры процесса разрушения.	11
2	Раздел 2. Напряжения и деформации в вершине трещины в упруго деформируемом теле.	1. Методы расчета приближенного расчета коэффициента интенсивности напряжений методом сечений для пластин конечной ширины с трещинами. 2. Особенности напряжённо-деформированного состояния у вершины трещины клиновидного надреза в соответствии с решением Уильямса и решением нелинейной задачи с конечным радиусом закругления в в вершине.	11
3	Раздел 3. Принцип суперпозиции при определении напряжённого состояния у вершины трещины.	1. Методы оценки коэффициента интенсивности напряжений в пластинах по коэффициенту концентрации напряжений 2. Метод расчёта коэффициента интенсивности напряжений в пластинах, основанный на формуле Л.И. Седова. 3. Расчет эффективного коэффициента интенсивности напряжений с использованием принципа суперпозиции при определении напряжённого состояния у вершины трещины.	11
4	Раздел 4. Силовой и энергетический критерии разрушения линейной механики разрушения.	1. Расчёты прочности пластин с трещинами с использованием силового критерия Ирвина. 2. Расчёты допустимых значений трещиноподобных дефектов в деталях с использованием силового критерия Ирвина и энергетического критерия разрушения Гриффитса. 3. Расчёты прочности пластин с трещинами с использованием уравнения баланса высвобождающейся упругой энергии при увеличении длины трещины и энергии, расходуемой на увеличение поверхности трещины.	10
5	Раздел 5. Уточнения формул линейной механики разрушения, связанные с наличием пластических зон в вершинах трещины. Формула податливости Ирвина.	1. Анализ диаграмм деформирования упругого образца с трещиной, имеющей у ее вершин пластические зоны. 2. Использование формулы податливости Ирвина для оценки прочности деталей с трещинами и для экспериментального определения коэффициента интенсивности напряжений. 3. Расчёты прочности пластин с трещинами с использованием силового критерия Ирвина и поправки Ирвина на пластическую зону у вершины трещины. 4. Расчеты необходимых размеров образцов для испытаний на трещиностойкость с учетом размеров пластических зон у вершин трещин.	10
6	Раздел 6. Экспериментальное определение критического коэффициента интенсивности напряжений.	1. Способ расчетной оценки размеров пластической области у вершины трещины в листовом образце в зависимости от толщины листа. 2. Методы определения критического коэффициента интенсивности напряжений по результатам испытаний различных образцов.	10
7	Раздел 7. Движение усталостных трещин.	1. Способ оценки скорости роста усталостных трещин на основе уравнения Пэриса-Эрдогана. 2. Методы расчета роста длины трещины при циклических нагружениях деталей со сквозными и	10

		поверхностными трещинами. 3. Методы расчета длины трещины при циклических нагружениях деталей с учетом асимметрии цикла нагружения и нечувствительности скорости роста трещин к малым значениям коэффициента интенсивности напряжений в цикле нагружения (с использованием формул Волкера и Формана).	
8	Раздел 8. Методы и критерии нелинейной механики разрушения. J-интеграла и связь его с пластическим раскрытием вершины трещины.	1. Способ расчетной оценки тел с трещинами на основе критерий в виде J-интеграла. 2. Методы определения предельного значения J-интеграла и критерий разрушения.	20
Всего за 7 семестр			93

4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		14	15	16	17	
7			ТекК			ДР	ТекК			ДР			ВПЗ, Вопр.Диф.Зач				ДР	Вопр.Диф.Зач, диф. зач.	

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ТекК – вопросы для текущего контроля;
- ВПЗ – вопросы/задания по темам ПЗ;
- Вопр.Диф.Зач – вопросы к дифференцированному зачету;
- диф. зач. – дифференцированный зачет.

Текущий контроль успеваемости студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- вопросы для текущего контроля;
- вопросы/задания по темам ПЗ;
- вопросы к дифференцированному зачету.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Основная литература по дисциплине:

1. Г. Б. Крыжевич. . Механика разрушения металлических конструкций. СПб.: Изд-во КГНЦ, 2021, эл. рес.
2. Е. А. Николаева. . Основы механики разрушения. Пермь: Изд-во ПГТУ, 2010, эл. рес.
3. Е. Г. Макаров. . Сопротивление материалов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020, эл. рес.
4. Ю. Г. Матвиенко. . Модели и критерии механики разрушения. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006, 15 экз.

5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

1. Г. Б. Крыжевич. . Механика разрушения металлических конструкций. СПб.: Изд-во КГНЦ, 2021, 1 экз.

5.3. Периодические издания:

не требуются.

5.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины, электронные библиотечные системы:

не требуется.

Современные профессиональные базы данных:

1. <https://rusneb.ru> – Национальная электронная библиотека (НЭБ);
2. <https://cyberleninka.ru/> - Научная электронная библиотека «Киберленинка»;
<http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library> - Полнотекстовая электронная библиотека Российского фонда фундаментальных исследований.

Информационные справочные системы:

1. Техэксперт – Информационный портал технического регулирования: Нормы, правила, стандарты РФ;
2. http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=457 - БД ГОСТов собственной генерации БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова;
3. <http://www.consultant.ru/>- КонсультантПлюс- информационный портал правовой информации.

5.5. Программное обеспечение:

не требуется.

5.6. Информационные технологии:

взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС Moodle БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Лекционные занятия:

специализированные требования по оборудованию отсутствуют; аудитория с посадочными местами по количеству студентов; доска.

6.2. Практические занятия:

1. Интерактивная доска.

6.3. Прочее:

1. рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
2. рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

Аннотация рабочей программы

Дисциплина **ОСНОВЫ МЕХАНИКИ РАЗРУШЕНИЯ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *15.03.03 Прикладная механика*. Дисциплина реализуется на факультете *Е Оружие и системы вооружения* БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой *Е7 МЕХАНИКА ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА*.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ПК-8.1 Способен применять CAD/CAE технологии при моделировании поведения элементов механических систем, необходимом для решения производственных проектно-конструкторских задач;
ПК-8.2 Способен учитывать особенности цифрового анализа технических систем при ударном, вибрационном, температурном нагружениях, наличии концентрации напряжений, контактных взаимодействиях, потери несущей способности, а также при усталостных разрушениях.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с разрушением твердых деформируемых тел и критериями прочности по различным гипотезам.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

Текущий контроль успеваемости студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- вопросы для текущего контроля;
- вопросы/задания по темам ПЗ;
- вопросы к дифференцированному зачету.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **4 з.е., 144 ч.** Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**17 ч.**), практические занятия (**34 ч.**), самостоятельная работа студента (**93 ч.**).

ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 144 ч., из них 51 ч. аудиторных занятий, и 93 ч., отведенных на самостоятельную работу студента.

Рекомендации по распределению учебного времени по видам самостоятельной работы и разделам дисциплины приведены в таблице.

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о текущем, рубежном контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Формы контроля и критерии оценивания приведены в приложении 3 к Рабочей программе.

Наименование работы	Рекомендуемая литература	Трудоемкость, час.
Раздел 1. Введение. Предмет механики разрушения и основные понятия. Вязкое и хрупкое разрушение.		
1. Формирование представлений о трещинообразных дефектах в деталях и конструкциях. Освоение терминологии механики разрушения. Понятия о стадиях развития усталостного разрушения в конструкциях из поликристаллических металлических материалов. 2. Параметры, входящие в критерии хрупкого разрушения. Сопротивление материала отрыву. 3. Критерий вязкого разрушения и используемые в нем параметры. 4. Представления о влиянии температуры на параметры процесса разрушения.	Г. Б. Крыжевич. . Механика разрушения металлических конструкций: СПб.: Изд-во КГНЦ, 2021 (1-4) Е. А. Николаева. . Основы механики разрушения: Пермь: Изд-во ПГТУ, 2010 (1-5) Е. Г. Макаров. . Сопротивление материалов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020 (4-7)	11
Итого по разделу 1		11
Раздел 2. Напряжения и деформации в вершине трещины в упруго деформируемом теле.		
1. Методы расчета приближенного расчета коэффициента интенсивности напряжений методом сечений для пластин конечной ширины с трещинами. 2. Особенности напряжённо-деформированного состояния у вершины трещины клиновидного надреза в соответствии с решением Уильямса и решением нелинейной задачи с конечным радиусом закругления в в вершине.	Ю. Г. Матвиенко. . Модели и критерии механики разрушения: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006 (3-7) Г. Б. Крыжевич. . Механика разрушения металлических конструкций:	11

	СПб.: Изд-во КГНЦ, 2021 (3-5)	
Итого по разделу 2		11
Раздел 3. Принцип суперпозиции при определении напряжённого состояния у вершины трещины.		
1. Методы оценки коэффициента интенсивности напряжений в пластинах по коэффициенту концентрации напряжений 2. Метод расчёта коэффициента интенсивности напряжений в пластинах, основанный на формуле Л.И. Седова. 3. Расчет эффективного коэффициента интенсивности напряжений с использованием принципа суперпозиции при определении напряжённого состояния у вершины трещины.	Ю. Г. Матвиенко. . Модели и критерии механики разрушения: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006 (4-8) Г. Б. Крыжевич. . Механика разрушения металлических конструкций: СПб.: Изд-во КГНЦ, 2021 (3-7)	11
Итого по разделу 3		11
Раздел 4. Силовой и энергетический критерии разрушения линейной механики разрушения.		
1. Расчёты прочности пластин с трещинами с использованием силового критерия Ирвина. 2. Расчёты допустимых значений трещиноподобных дефектов в деталях с использованием силового критерия Ирвина и энергетического критерия разрушения Гриффитса. 3. Расчёты прочности пластин с трещинами с использованием уравнения баланса высвобождающейся упругой энергии при увеличении длины трещины и энергии, расходуемой на увеличение поверхности трещины.	Ю. Г. Матвиенко. . Модели и критерии механики разрушения: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006 (4-9) Г. Б. Крыжевич. . Механика разрушения металлических конструкций: СПб.: Изд-во КГНЦ, 2021 (3-8)	10
Итого по разделу 4		10
Раздел 5. Уточнения формул линейной механики разрушения, связанные с наличием пластических зон в вершинах трещины. Формула податливости Ирвина.		
1. Анализ диаграмм деформирования упругого образца с трещиной, имеющей у ее вершин пластические зоны. 2. Использование формулы податливости Ирвина для оценки прочности деталей с трещинами и для экспериментального определения коэффициента интенсивности напряжений. 3. Расчёты прочности пластин с трещинами с использованием силового критерия Ирвина и поправки Ирвина на пластическую зону у вершины трещины. 4. Расчеты необходимых размеров образцов для испытаний на трещиностойкость с учетом размеров пластических зон у вершин трещин.	Г. Б. Крыжевич. . Механика разрушения металлических конструкций: СПб.: Изд-во КГНЦ, 2021 (7-8) Ю. Г. Матвиенко. . Модели и критерии механики разрушения: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006 (5-7)	10

Итого по разделу 5		10
Раздел 6. Экспериментальное определение критического коэффициента интенсивности напряжений.		
1. Способ расчетной оценки размеров пластической области у вершины трещины в листовом образце в зависимости от толщины листа. 2. Методы определения критического коэффициента интенсивности напряжений по результатам испытаний различных образцов.	Г. Б. Крыжевич. . Механика разрушения металлических конструкций: СПб.: Изд-во КГНЦ, 2021 (5-7) Е. Г. Макаров. . Сопротивление материалов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020 (5-8)	10
Итого по разделу 6		10
Раздел 7. Движение усталостных трещин.		
1. Способ оценки скорости роста усталостных трещин на основе уравнения Пэриса-Эрдогана. 2. Методы расчета роста длины трещины при циклических нагружениях деталей со сквозными и поверхностными трещинами. 3. Методы расчета длины трещины при циклических нагружениях деталей с учетом асимметрии цикла нагружения и нечувствительности скорости роста трещин к малым значениям коэффициента интенсивности напряжений в цикле нагружения (с использованием формул Волкера и Формана).	Г. Б. Крыжевич. . Механика разрушения металлических конструкций: СПб.: Изд-во КГНЦ, 2021 (7-9) Ю. Г. Матвиенко. . Модели и критерии механики разрушения: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006 (5-8)	10
Итого по разделу 7		10
Раздел 8. Методы и критерии нелинейной механики разрушения. J-интеграла и связь его с пластическим раскрытием вершины трещины.		
1. Способ расчетной оценки тел с трещинами на основе критерий в виде J-интеграла. 2. Методы определения предельного значения J-интеграла и критерий разрушения.	Г. Б. Крыжевич. . Механика разрушения металлических конструкций: СПб.: Изд-во КГНЦ, 2021 (6-9) Ю. Г. Матвиенко. . Модели и критерии механики разрушения: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006 (4-8)	20
Итого по разделу 8		20

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения по данной дисциплине, включают в себя:

- диагностическая работа
- вопросы для текущего контроля;
- вопросы к дифференцированному зачету;
- вопросы/задания по темам ПЗ;
- дифференцированный зачет.

Критерии оценивания

Диагностическая работа

Диагностическая работа проводится в форме теста в ЭИОС Moodle:

- при правильном ответе менее чем на 60% вопросов - не аттестация;
- при правильном ответе на 60% вопросов и более - аттестация.

Вопросы для текущего контроля

Варианты вопросов/заданий по темам ПЗ размещены в составе УМК по дисциплины

Вопросы к дифференцированному зачету

Вопросы к дифференцированному зачету размещены в УМК дисциплины.

Вопросы/задания по темам ПЗ

Варианты вопросов/заданий по темам ПЗ размещены в составе УМК по дисциплине

Отчет по практическому заданию (ПЗ) представляется в печатном или рукописном виде. Защита отчета проходит в форме доклада студента по выполненной работе и ответов на вопросы преподавателя по теме ПЗ.

Дифференцированный зачет

Диф. зачет проходит в тестовой форме и включает в себя ответы на теоретические вопросы (25 шт.). Оценка складывается по количеству баллов, полученных за ответы на тестовые вопросы.

Перевод балльной шкалы в традиционную систему оценивания:

"Зачтено-отлично" - обучающийся верно ответил более чем 23 (включительно) вопроса;

"Зачтено-хорошо" - обучающийся верно ответил на 19-22 вопроса;

"Зачтено-удовлетворительно" - обучающийся верно ответил на 15-18 вопросов;

"Неудовлетворительно" - обучающийся верно ответил менее чем на 15 вопросов

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %		НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ПК-8.1	ПК-8.2	
4	7	Раздел 1. Введение. Предмет механики разрушения и основные понятия. Вязкое и хрупкое разрушение.	17	6	2	4	11	10	10	Вопросы для текущего контроля
4	7	Раздел 2. Напряжения и деформации в вершине трещины в упруго деформируемом теле.	17	6	2	4	11	10	10	Вопросы для текущего контроля
4	7	Раздел 3. Принцип суперпозиции при определении напряжённого состояния у вершины трещины.	17	6	2	4	11	10	10	Вопросы для текущего контроля
4	7	Раздел 4. Силовой и энергетический критерии разрушения линейной механики разрушения.	16	6	2	4	10	10	10	Вопросы к дифференцированному зачету
4	7	Раздел 5. Уточнения формул линейной механики разрушения, связанные с наличием пластических зон в вершинах трещины. Формула податливости Ирвина.	16	6	2	4	10	10	10	Вопросы к дифференцированному зачету
4	7	Раздел 6. Экспериментальное определение критического коэффициента интенсивности напряжений.	16	6	2	4	10	10	10	Вопросы к дифференцированному зачету
4	7	Раздел 7. Движение усталостных трещин.	16	6	2	4	10	20	20	Вопросы/задания по темам ПЗ, Вопросы к дифференцированному зачету

4	7	Раздел 8. Методы и критерии нелинейной механики разрушения. J-интеграла и связь его с пластическим раскрытием вершины трещины.	29	9	3	6	20	20	20	Вопросы к дифференцированному зачету
Всего за 7 семестр			144	51	17	34	93	100	100	
Всего по дисциплине			144	51	17	34	93	100	100	

Оценочные материалы по дисциплине ОСНОВЫ МЕХАНИКИ РАЗРУШЕНИЯ

ПК-8.1 - Способен применять CAD/CAE технологии при моделировании поведения элементов механических систем, необходимом для решения производственных проектно-конструкторских задач

- № 1 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ
Энергетическая формулировка критерия разрушения связана с
- № 2 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ
Укажите виды разрушения материалов
- № 3 Прочитайте текст и установите соответствие
Соотнесите тип трещины и КИН
1) KI
2) KII
3) KIII
- А) Отрыв
Б) Продольный сдвиг
В) Поперечный сдвиг
- № 4 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
Критическая длина трещины - это такая длина, при превышении которой происходит
1) Устойчивый рост трещины
2) Неустойчивый рост трещины
3) Схлопывание трещины
4) Остановка роста трещины
- № 5 Прочитайте текст и установите соответствие
Установите соответствие между типом разрушения и его особенностями
1) Хрупкое разрушение
2) Вязкое разрушение
3) Усталостное разрушение
4) Коррозионное растрескивание
- А) Разрушение после значительной пластической деформации, трещина распространяется стабильно
Б) Быстрое распространение трещины без заметной пластической деформации
В) Иницируется при циклическом нагружении, характерны «раковины» на поверхности излома
Г) Разрушение под действием агрессивной среды при статической нагрузке
- № 6 Прочитайте текст и установите последовательность
Последовательность роста трещины при циклическом нагружении
1. Возникновение микротрещины.
2. Стабильный рост трещины.
3. Нестабильный рост.
4. Достижение критического размера трещины.
- № 7 Прочитайте текст и установите последовательность
Экспериментальное определение K_{Ic}
1. Проверка условий валидности ($K_Q = K_{Ic}$).
2. Введение усталостной трещины в образец.
3. Измерение длины трещины после разрушения
4. Нагружение образца до разрушения.
5. Расчет условного K_Q .
- № 8 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
Теоретическая прочность материала _____ его реальной прочности
1) в 10-100 раз больше
2) в 1000-10000 раз больше

- 3) в 10-100 раз меньше
- 4) в 1000-10000 раз меньше

№ 9 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Исследования по механике разрушения твёрдых тел берут своё начало с работы английского учёного

- 1) А. Ф. Иоффе
- 2) А. И. Лурье
- 3) А. А. Гриффитса
- 4) С. Н. Жукова

№ 10 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Механика разрушения исследует

- 1) рост трещины
- 2) напряженно-деформируемое состояние
- 3) расширение трещины
- 4) пластичность
- 5) способность к локализации трещины в изделии
- 6) температурную зависимость механических характеристик

№ 11 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

К хрупким материалам относятся

- 1) Чугун
- 2) Низкоуглеродистая сталь
- 3) Алюминий
- 4) Камень
- 5) Высокоуглеродистая сталь
- 6) Кирпич
- 7) Резина
- 8) Дерево
- 9) Стекло

№ 12 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

К пластичным материалам относятся

- 1) Чугун
- 2) Низкоуглеродистая сталь
- 3) Алюминий
- 4) Камень
- 5) Высокоуглеродистая сталь
- 6) Кирпич
- 7) Резина
- 8) Дерево
- 9) Стекло

ПК-8.2 - Способен учитывать особенности цифрового анализа технических систем при ударном, вибрационном, температурном нагружениях, наличии концентрации напряжений, контактных взаимодействиях, потери несущей способности, а также при усталостных разрушениях

№ 1 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Напишите определение для коэффициента интенсивности напряжений KI

№ 2 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Под пределом _____ понимается то напряжение, при котором происходит рост деформаций без заметного увеличения нагрузки

- 1) упругости
- 2) прочности
- 3) пропорциональности
- 4) текучести

№ 3 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Под пределом _____ понимается такое наибольшее напряжение, до которого материал не получает остаточных деформаций

- 1) упругости
- 2) прочности
- 3) пропорциональности
- 4) текучести

№ 4 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Какие факторы влияют на критический коэффициент интенсивности напряжений K_{Ic}

- 1) Температура испытания.
- 2) Скорость приложения нагрузки.
- 3) Толщина образца.
- 4) Химический состав материала.

5 Размер зерна микроструктуры.

№ 5 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Какие утверждения справедливы для J-интеграла в механике разрушения?

- 1) Является энергетическим параметром, характеризующим напряженно-деформированное состояние у вершины трещины.
- 2) Применим только для линейно-упругих материалов.
- 3) Может быть использован для описания роста трещины в упругопластических материалах.
- 4) Всегда требует численного моделирования для расчета.

№ 6 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Напишите определение для коэффициента интенсивности напряжений K_{II}

№ 7 Прочитайте текст и установите соответствие

Установите соответствие между параметрами и их определениями

- 1) K_I
- 2) K_{Ic}
- 3) К-интеграл
- 4) Зона пластичности

- А) Энергетический параметр, описывающий распределение напряжений у вершины трещины для упругопластических материалов
- Б) Критическое значение коэффициента интенсивности напряжений при плоской деформации
- В) Коэффициент интенсивности напряжений при открытии трещины
- Г) Область у вершины трещины, где напряжения превышают предел текучести материала

№ 8 Прочитайте текст и установите соответствие

Установите соответствие между типом диаграммы разрушения и её ключевой характеристикой или назначением:

- 1) R-кривая (Кривая сопротивления)
- 2) Диаграмма оценки разрушения (FAD)

- А) Оценивает опасность дефекта с учетом пластичности материала
- Б) Характеризует рост сопротивления материала распространению трещины по мере её удлинения.
- В) Определяет исключительно критический коэффициент интенсивности напряжений для хрупких материалов.
- Г) Используется только при усталостном разрушении для предсказания числа циклов до разрушения

№ 9 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

В каких условиях линейная механика разрушения теряет применимость?

- 1) При малой длине трещины по сравнению с характерным размером образца.
- 2) При значительной пластической деформации в зоне вершины трещины.
- 3) Для материалов с высокой вязкостью разрушения (например, стали с ферритной структурой).
- 4) В условиях усталостного нагружения.
- 5) При высоких температурах, близких к точке плавления.

№ 10 Прочитайте текст и установите последовательность

Применение J-интеграла

1. Экспериментальное построение J-R кривой.
2. Расчет J-интеграла для конфигурации образца.
3. Определение J_{Ic} (критическое значение).
4. Оценка устойчивости трещины.

№ 11 Прочитайте текст и установите последовательность

Развитие пластической зоны у вершины трещины

1. Начало неустойчивого роста трещины.
2. Пластическая деформация охватывает весь образец.
3. Упругое состояние.
4. Формирование зоны пластичности по Ирвину.

№ 12 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Отношение максимальной силы, которую способен выдержать образец, к его начальной площади поперечного сечения носит название предела

- 1) упругости
- 2) прочности
- 3) пропорциональности
- 4) текучести