

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова»  
(БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова)

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета

Суслин А. В.  
(подпись) ФИО  
«31» мая 2022

**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: 2022

Программу составили:

Кафедра Е7 МЕХАНИКА ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА  
Крыжевич Геннадий Брониславович, д.т.н., преподаватель

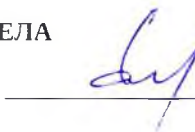


Кафедра Е7 МЕХАНИКА ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА  
Санников Владимир Антонович, д.т.н., заведующий кафедрой



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

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



Программа рассмотрена  
на заседании выпускающей кафедры

**Е7 МЕХАНИКА ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА**

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



## **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:

ПСК-8.1 — способность применять CAD/CAE технологии при моделировании поведения элементов механических систем, необходимом для решения производственных проектно-конструкторских задач
ПСК-8.2 — способность 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:

### **ПСК-8.1**

*знания:*

физико-механические характеристики трещиностойкости пластичных и хрупких материалов и методы их определения;;

*умения:*

проводить расчеты аналитическими методами механики разрушения; оценивать допустимые размеры трещиноподобных дефектов и критические размеры эксплуатационных усталостных повреждений элементов конструкций, приводящие к разрушению деталей и конструкций;;

*навыки:*

проводить исследования в области изучения трещиностойкости конструкционных материалов..

### **ПСК-8.2**

*знания:*

критериев линейной и нелинейной механики разрушения, методов расчета характеристик напряженно-деформированного состояния и параметров, входящих в критерии разрушения, при различных граничных и начальных условиях, статических, динамических режимах и при потере устойчивости; применение методик решения задач механики разрушения.;

*умения:*

оценивать параметры, входящие в критерии линейной и нелинейной механики разрушения, по характеристикам напряженно-деформированного состояния деталей и конструкций с учетом размеров пластических зон, зависящих от уровня нагруженности деталей и конструкций, использовать в практических расчетах основные уравнения, описывающие физические процессы при деформировании материалов, деталей и конструкций с трещинами и при росте трещин;;

*навыки:*

использования критериев линейной и нелинейной механики разрушения при решении практических задач о прочности материалов, деталей и конструкций с трещинами; задания начальных и граничных условий в математических формулировках задач оценки прочности конструкций с трещинами и распространения трещин в конструкциях, использования математических пакетов MATHCAD, MATLAB для решения задач механики разрушения..

## 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, ДЕТАЛИ МАШИН И ОСНОВЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ, СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА МАШИН**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА, МЕХАНИКА МАТЕРИАЛОВ И КОНСТРУКЦИЙ**.

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
- ПСК-8.1 — способность применять CAD/CAE технологии при моделировании поведения элементов механических систем, необходимом для решения производственных проектно-конструкторских задач
- ПСК-8.2 — способность учитывать особенности цифрового анализа технических систем при ударном, вибрационном, температурном нагружениях, наличии концентрации напряжений, контактных взаимодействиях, потери несущей способности, а также при усталостных разрушениях
- УК-1 — Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
- УК-2 — Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений

### 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		ПСК-8.1	ПСК-8.2
4	7	<b>Раздел 1. Введение. Предмет механики разрушения и основные понятия. Вязкое и хрупкое разрушение.</b> 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. Сопротивление 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	11	11
4	7	<b>Раздел 2. Напряжения и деформации в вершине трещины в упруго деформируемом теле.</b> 2.1. Моделирование трещин с помощью надрезов эллиптической формы. 2.2. Метод сечений для приближенного расчета коэффициента интенсивности напряжений. 2.3. Напряженно-деформированное состояние у вершины клино-видного надреза. Решение Уильямса.	17	6	2	4	11	11	11
4	7	<b>Раздел 3. Принцип суперпозиции при определении напряжённого состояния у вершины трещины.</b> 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	12	12
4	7	<b>Раздел 4. Силовой и энергетический критерии разрушения линейной механики разрушения.</b> 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	12	12
4	7	<b>Раздел 5. Уточнения формул линейной механики разрушения, связанные с наличием пластических зон в вершинах трещины. Фор-мула податливости Ирвина.</b> 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	<b>Раздел 6. Экспериментальное определение критического коэффициента интенсивности напряжений.</b> 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	<b>Раздел 7. Движение усталостных трещин.</b> 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	12	12
4	7	<b>Раздел 8. Методы и критерии нелинейной механики разрушения. J-интеграла и связь его с пластическим раскрытием вершины трещины.</b> 1. Способ расчетной оценки 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.	16	6	2	4	10	12	12
4	7	<b>Раздел 9. Кривая сопротивления материала росту трещины и критерий разрушения.</b> 9.1. Докритический медленный устойчивый рост трещины под действием статической нагрузки. Стадии устойчивого роста (притупление, страгивание, медленное продвижение). 9.2. Кривая сопротивления материала росту трещины ( - кривая). 9.3. Переход от медленного устойчивого к неустойчивому, быстрому и самопроизвольному распространению.	13	3	1	2	10	10	10
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 меха-ники 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. Фор-мула 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 раскрытием вершины трещины.	1. Способ расчетной оценки 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.	4
9	Раздел 9. Кривая сопротивления материала росту	1. Докритический медленный устойчивый рост трещины под действием статической нагрузки. Стадии устойчивого роста (притупление, страгивание, медленное продвижение). 2. Использование кривой	2



трещины и критерий разрушения.	сопротивления материала росту трещины ( J <sub>r</sub> - кривая) в расчетной практике. 3. Понятие о модуле разрыва.	
<b>Всего за 7 семестр</b>		<b>34</b>

### 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 напряженно-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 напряженного 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 напряженного состояния у вершины трещины.	11
4	Раздел 4. Силовой и энергетический критерии разрушения линейной меха-ники 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. Фор-мула 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 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).	10
8	Раздел 8. Методы и критерии	1. Способ расчетной оценки тел с трещинами на основе критерия разрушения в виде пластического раскрытия вершины трещины. 2.	10



	нелинейной механики разрушения. J-интеграла и связь его с пластическим раскрытием вершины трещины.	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.	
9	Раздел 9. Кривая сопротивления материала росту трещины и критерий разрушения.	1. Докритический медленный устойчивый рост трещины под действием статической нагрузки. Стадии устойчивого роста (притупление, страгивание, медленное продвижение). 2. Использование кривой сопротивления материала росту трещины ( J <sub>r</sub> - кривая) в расчетной практике. 3. Понятие о модуле разрыва.	10
<b>Всего за 7 семестр</b>			<b>93</b>

#### 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	ВПЗ	Вопр.Диф.Зач		Тест	ДР		ВПЗ, Вопр.Диф.Зач		Тест	ДР			ВПЗ, Вопр.Диф.Зач		Тест	ДР	Вопр.Диф.Зач, диф. зач.

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ВПЗ – вопросы/задания по темам ПЗ;
- Тест – тест;
- 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/задания по темам ПЗ;
- тест;
- 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. Е. А. Николаева. . Основы механики разрушения. Пермь: Изд-во ПГТУ, 2010, эл. рес.
2. Е. Г. Макаров. . Сопротивление материалов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020, 192 экз.

### 5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

1. . Механика разрушения. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011, 0 экз.

### 5.3. Периодические издания:

1. Деформация и разрушение материалов.

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

1. <https://ibooks.ru/> — ЭБС Айбукс.ру - это большой выбор актуальной литературы для вашей библиотеки в электронном виде;
2. <https://www.e.lanbook.com/> — ЭБС Лань;
3. <https://www.tnt-ebook.ru/>;
4. <https://www.urait.ru/> — Образовательная платформа «Юрайт». Для вузов и ссузов..

### 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](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. Испытательная машина Р-100 с номинальной силой 1000 кН.

### **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*:

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

ПСК-8.2 способность 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 математикой, физикой, электротехникой, теоретической механикой, сопротивлением материалов, теорией упругости и пластичности и служит основой для освоения таких дисциплин, как теория механизмов и машин, детали машин и основы конструирования и т.п.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

- диагностическая работа;
- вопросы/задания по темам ПЗ;
- тест;
- 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.
<b>Раздел 1. Введение. Предмет механики разрушения и основные понятия. Вязкое и хрупкое разрушение.</b>		
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.	. Механика разрушения: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011 (1) Е. Г. Макаров. . Сопротивление материалов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020 (9) Е. А. Николаева. . Основы механики разрушения: Пермь: Изд-во ПГТУ, 2010 (1-2)	11
Итого по разделу 1		11
<b>Раздел 2. Напряжения и деформации в вершине трещины в упруго деформируемом теле.</b>		
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.	. Механика разрушения: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011 (2) Е. Г. Макаров. . Сопротивление материалов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020 (2) Е. А. Николаева. . Основы механики разрушения:	11

	Пермь: Изд-во ПГТУ, 2010 (1)	
Итого по разделу 2		11
<b>Раздел 3. Принцип суперпозиции при определении напряжённого состояния у вершины трещины.</b>		
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.	Е. А. Николаева. . Основы механики разрушения: Пермь: Изд-во ПГТУ, 2010 (3) . Механика разрушения: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011 (3) Е. Г. Макаров. . Сопротивление материалов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020 (3)	11
Итого по разделу 3		11
<b>Раздел 4. Силовой и энергетический критерии разрушения линейной меха-ники разрушения.</b>		
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.	Е. А. Николаева. . Основы механики разрушения: Пермь: Изд-во ПГТУ, 2010 (4) . Механика разрушения: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011 (4) Е. Г. Макаров. . Сопротивление материалов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020 (4)	10
Итого по разделу 4		10
<b>Раздел 5. Уточнения формул линейной механики разрушения, связанные с наличием пластических зон в вершинах трещины. Фор-мула податливости Ирвина.</b>		
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.	. Механика разрушения: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011 (5) Е. Г. Макаров. . Сопротивление материалов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф.	10

	Устинова, 2020 (11) Е. А. Николаева. . Основы механики разрушения: Пермь: Изд-во ПГТУ, 2010 (5)	
Итого по разделу 5		10
<b>Раздел 6. Экспериментальное определение критического коэффициента интенсивности напряжений.</b>		
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.	Е. А. Николаева. . Основы механики разрушения: Пермь: Изд-во ПГТУ, 2010 (6) . Механика разрушения: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011 (6) Е. Г. Макаров. . Соппротивление материалов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020 (6)	10
Итого по разделу 6		10
<b>Раздел 7. . Движение усталостных трещин.</b>		
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).	. Механика разрушения: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011 (5) Е. Г. Макаров. . Соппротивление материалов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020 (7) Е. А. Николаева. . Основы механики разрушения: Пермь: Изд-во ПГТУ, 2010 (7)	10
Итого по разделу 7		10
<b>Раздел 8. Методы и критерии нелинейной механики разрушения. J-интеграла и связь его с пластическим раскрытием вершины трещины.</b>		
1. Способ расчетной оценки 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 критерия в виде J-интеграла. 4. Методы определения предельного значения J-интеграла и критерия разрушения.	. Механика разрушения: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011	10



	(8) Е. Г. Макаров. . Сопротивление материалов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020 (11) Е. А. Николаева. . Основы механики разрушения: Пермь: Изд-во ПГТУ, 2010 (8)	
Итого по разделу 8		10
<b>Раздел 9. Кривая сопротивления материала росту трещины и критерий разрушения.</b>		
1. Докритический медленный устойчивый рост трещины под действием статической нагрузки. Стадии устойчивого роста (притупление, страгивание, медленное продвижение). 2. Использование кривой сопротивления материала росту трещины ( J <sub>г</sub> - кривая) в расчетной практике. 3. Понятие о модуле разрыва.	Е. А. Николаева. . Основы механики разрушения: Пермь: Изд-во ПГТУ, 2010 (9) Е. Г. Макаров. . Сопротивление материалов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020 (12) . Механика разрушения: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011 (9)	10
Итого по разделу 9		10

## ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- вопросы/задания по темам ПЗ;
- вопросы к дифференцированному зачету;
- тест;
- 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/задания по темам ПЗ

Вопросы/задания по темам ПЗ размещены в ЭИОС Moodle и УМК.

Отчет по практической работе (домашнему заданию) представляется в печатном или рукописном виде. Защита отчета проходит в форме доклада студента по выполненной работе и ответов на вопросы преподавателя по теме практической работы. Минимальное количество вопросов преподавателя - 3, максимальное – 5. В случае если оформленный студентом отчет свидетельствует о правильном выполнении расчетов и в ходе защиты студент дает не менее 2 правильных ответов на 3 заданных преподавателем вопроса (или не менее 3 правильных ответов на 5 заданных вопросов) – практическая работа признается выполненной.

#### Вопросы к дифференцированному зачету

Вопросы к дифференцированному зачету размещены в ЭИОС Moodle и УМК.

#### Тест

Вопросы для тестирования размещены в ЭИОС Moodle и УМК.

Тест состоит из 10 вопросов и считается выполненным при количестве правильных ответов от 6 и более. По результатам тестирования присваиваются баллы по следующим критериям: 6-7 правильных ответов на вопросы теста – "удовлетворительно"; 7-8 правильных ответов на вопросы теста – "хорошо"; 9 и более правильных ответов на вопросы теста – "отлично".

#### Дифференцированный зачет

Обучающийся имеет право на получение минимальной положительной оценки при условии успешного прохождения текущего контроля успеваемости в форме диагностической работы в соответствии с графиком раздела 4.

Минимальное количество вопросов преподавателя - 3, максимальное – 5 по материалу практических заданий. Оценка «зачтено - отлично» - верные ответы на 5 вопросов; Оценка «зачтено - хорошо»: - верные ответы на 3-4 вопроса; Оценка «зачтено - удовлетворительно»: - верные ответы на 2-3 вопроса, достаточный минимальный объем знаний по дисциплине. Оценка «не зачтено»: - фрагментарные знания по дисциплине; - отказ от ответа (исправления ошибок в материале заданий); - неумение использовать научную терминологию; - наличие грубых ошибок.

Паспорт фонда оценочных средств

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		ПСК-8.1	ПСК-8.2	
4	7	Раздел 1. Введение. Предмет механики разрушения и основные понятия. Вязкое и хрупкое разрушение.	17	6	2	4	11	11	11	Вопросы/задания по темам ПЗ
4	7	Раздел 2. Напряжения и деформации в вершине трещины в упруго деформируемом теле.	17	6	2	4	11	11	11	Вопросы/задания по темам ПЗ, Вопросы к дифференцированному зачету
4	7	Раздел 3. Принцип суперпозиции при определении напряжённого состояния у вершины трещины.	17	6	2	4	11	12	12	Тест, Вопросы к дифференцированному зачету
4	7	Раздел 4. Силовой и энергетический критерии разрушения линейной механики разрушения.	16	6	2	4	10	12	12	Вопросы/задания по темам ПЗ
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/задания по темам ПЗ
4	7	Раздел 6. Экспериментальное определение критического коэффициента интенсивности напряжений.	16	6	2	4	10	10	10	Тест, Вопросы/задания по темам ПЗ
4	7	Раздел 7. Движение усталостных трещин.	16	6	2	4	10	12	12	Вопросы/задания по темам ПЗ
4	7	Раздел 8. Методы и критерии нелинейной механики разрушения. J-интеграла и связь его с пластическим раскрытием вершины трещины.	16	6	2	4	10	12	12	Тест, Вопросы/задания по темам ПЗ
4	7	Раздел 9. Кривая сопротивления материала росту трещины и критерий разрушения.	13	3	1	2	10	10	10	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	