

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета

_____ Знаменский Е.А.

«___» _____ 20__

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И КОМПЬЮТЕРНЫЕ МОДЕЛИ ПРОЧНОСТИ И 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 составил:

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

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 МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И КОМПЬЮТЕРНЫЕ МОДЕЛИ ПРОЧНОСТИ И 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:

современного математического инструментария для решения технических задач механики разрушения;

умения:

использовать математическую символику для выражения количественных и качественных соотношений объектов;

определять параметры изучаемых элементов и узлов технических систем;

навыки:

использования найденных закономерностей при решении основных задач динамики при контактных, аэро- гидродинамических и других видах воздействий машин для оценки и решения вопросов прочности..

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И КОМПЬЮТЕРНЫЕ МОДЕЛИ ПРОЧНОСТИ И 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, СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА МАШИН**.

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

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- 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
- 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

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 в предмет "МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И КОМПЬЮТЕРНЫЕ МОДЕЛИ ПРОЧНОСТИ И МЕХАНИКИ РАЗРУШЕНИЯ". Основные понятия механики разрушения. Вязкое и хрупкое разрушение. 1.1. Математические и компьютерные модели конструкций. Основные уравнения математической физики. Граничные условия и нагрузки. Метод конечных элементов (МКЭ). Базовые математические модели прочности материалов: 1-й теории прочности наибольших относительных удлинений; 2-й теории наибольших относительных удлинений; 3-й теории наибольших касательных напряжений; 4-й энергетической; 5-й теории прочности Мора. Критерии прочности, основанные на концепции предельной поверхности. 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 деформация. Консервативная оценка коэффициента снижения предельной пластической деформации. 1.7. Влияние температуры на параметры процесса разрушения.	29	10	2	8	19	20	20
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. Напряженно-деформированное состояние у вершины клиновидного надреза. Решение Уильямса.	29	11	5	6	18	20	20
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.	29	10	4	6	19	20	20
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. 4. Анализ диаграмм деформирования упругого образца с трещиной, имеющей у ее вершин пластические зоны. 5. Использование формулы податливости Ирвина для оценки прочности деталей с трещинами и для экспериментального определения коэффициента интенсивности напряжений. 6. Расчёты прочности пластин с трещинами с использованием силового критерия Ирвина и поправки Ирвина на пластическую зону у вершины трещины. 7. Расчеты необходимых размеров образцов для испытаний на трещиностойкость с учетом размеров пластических зон у вершин трещин. 8. Способ расчетной оценки размеров пластической области у вершины трещины в листовом образце в зависимости от толщины листа. 9. Методы определения критического коэффициента интенсивности напряжений по результатам испытаний различных образцов.	28	10	4	6	18	20	20
4	7	Раздел 5. Методы и критерии нелинейной механики разрушения. J-интеграла и связь его с пластическим раскрытием вершины трещины. Компьютерные модели роста трещин и динамического разрушения. 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). 4. Способ расчетной оценки несущей способности тел с трещинами на основе критерия разрушения в виде пластического раскрытия вершины трещины. 5. Оценка прочности тел с трещинами на основе энергетического критерия разрушения, основанного на вариационном принципе. 6. Способ расчетной оценки тел с трещинами на основе критерий в виде J-интеграла. 7. Методы определения предельного значения J-интеграла и критерий разрушения. 8. Динамическое деформирование конструкционных материалов и характеристики напряженно-деформированного состояния материала. Компьютерные модели динамического разрушения конструкционных упругопластических материалов.	29	10	2	8	19	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 в предмет "МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И КОМПЬЮТЕРНЫЕ МОДЕЛИ ПРОЧНОСТИ И МЕХАНИКИ РАЗРУШЕНИЯ". Основные понятия механики разрушения. 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 напряженно-деформированного состояния у вершины трещины клиновидного надреза по решению Уильямса и по решению нелинейной задачи с конечным радиусом закругления в в вершине.	8
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 напряженно-деформированного состояния у вершины трещины клиновидного надреза по решению Уильямса и по решению нелинейной задачи с конечным радиусом закругления в в вершине.	6
3	Раздел 3. Принцип суперпозиции при определении напряженного 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 напряженного состояния у вершины трещины.	6
4	Раздел 4. Силовой и энергетический критерии разрушения линейной механики разрушения.	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.	6
5	Раздел 5. Методы и критерии нелинейной механики разрушения. J-интеграла и связь его с пластическим раскрытием вершины трещины. Компьютерные модели роста трещин и динамического разрушения.	1. Оценка скорости роста усталостных 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. Оценка прочности тел с трещинами на основе критерия разрушения в виде пластического раскрытия вершины трещины.	8
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 в предмет "МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И КОМПЬЮТЕРНЫЕ МОДЕЛИ	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	19

	ПРОЧНОСТИ И МЕХАНИКИ РАЗРУШЕНИЯ". Основные понятия механики разрушения. Вязкое и хрупкое разрушение.	хрупкого разрушения. Сопротивление материала отрыву. 3. Критерий вязкого разрушения и используемые в нем параметры. 4. Представления о влиянии температуры на параметры процесса разрушения.	
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.	18
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.	19
4	Раздел 4. Силовой и энергетический критерии разрушения линейной механики разрушения.	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. 5. Способ расчетной оценки размеров пластической области у вершины трещины в листовом образце в зависимости от толщины листа. 6. Методы определения критического коэффициента интенсивности напряжений по результатам испытаний различных образцов.	18
5	Раздел 5. Методы и критерии нелинейной механики разрушения. J-интеграла и связь его с пластическим раскрытием вершины трещины. Компьютерные модели роста трещин и динамического разрушения.	1. Способ расчетной оценки тел с трещинами на основе критерий в виде J-интеграла. 2. Методы определения предельного значения J-интеграла и критерий разрушения.	19
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			Вопр.Диф.Зач			ДР	Вопр.Диф.Зач, диф. зач.

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ТекК – вопросы для текущего контроля;
- 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 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.
3. 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:

1. Деформация и разрушение материалов.

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

1. http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=474 — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова;
2. <https://e.lanbook.com/> — ЭБС Лань;
3. <https://urait.ru/> — Главная – 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 - 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;
2. Осциллограф цифровой запоминающий специальный ОЦЗС-02.

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 **МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И КОМПЬЮТЕРНЫЕ МОДЕЛИ ПРОЧНОСТИ И 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, потере несущей способности, а также при усталостных разрушениях.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с прочностью и механикой разрушения конструкций.

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 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 в предмет "МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И КОМПЬЮТЕРНЫЕ МОДЕЛИ ПРОЧНОСТИ И МЕХАНИКИ РАЗРУШЕНИЯ". Основные понятия механики разрушения. 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.	Ю. Г. Матвиенко. . Модели и критерии механики разрушения: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006 (2-4) Г. Б. Крыжевич. . Механика разрушения металлических конструкций: СПб.: Изд-во КГНЦ, 2021 (1-3) Е. Г. Макаров. . Сопротивление материалов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020 (2-3)	19
Итого по разделу 1		19
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	18

	металлических конструкций: СПб.: Изд-во КГНЦ, 2021 (3-5)	
Итого по разделу 2		18
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 (4-7) Г. Б. Крыжевич. . Механика разрушения металлических конструкций: СПб.: Изд-во КГНЦ, 2021 (2-7)	19
Итого по разделу 3		19
Раздел 4. Силовой и энергетический критерии разрушения линейной механики разрушения.		
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. 5. Способ расчетной оценки размеров пластической области у вершины трещины в листовом образце в зависимости от толщины листа. 6. Методы определения критического коэффициента интенсивности напряжений по результатам испытаний различных образцов.	Г. Б. Крыжевич. . Механика разрушения металлических конструкций: СПб.: Изд-во КГНЦ, 2021 (7-8) Е. А. Николаева. . Основы механики разрушения: Пермь: Изд-во ПГТУ, 2010 (3-5) Ю. Г. Матвиенко. . Модели и критерии механики разрушения: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006 (5-7)	18
Итого по разделу 4		18
Раздел 5. Методы и критерии нелинейной механики разрушения. J-интеграла и связь его с пластическим раскрытием вершины трещины. Компьютерные модели роста трещин и динамического разрушения.		
1. Способ расчетной оценки тел с трещинами на основе критерий в виде J-интеграла. 2. Методы определения предельного значения J-интеграла и критерий разрушения.	Ю. Г. Матвиенко. . Модели и критерии механики разрушения:	19

	М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006 (4-7) Г. Б. Крыжевич. . Механика разрушения металлических конструкций: СПб.: Изд-во КГНЦ, 2021 (5- 8)	
Итого по разделу 5		19

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;
- 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

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.

Вопросы к дифференцированному зачету

Вопросы к дифференцированному зачету размещены в УМК дисциплины.

Дифференцированный зачет

Диф. зачет проходит в тестовой форме и включает в себя ответы на теоретические вопросы (25 шт.). Каждый верный ответ оценивается в 4 балла. Оценка складывается по количеству баллов, полученных за ответы на тестовые вопросы.

Перевод балльной шкалы в традиционную систему оценивания

Баллы Оценка по нормативной шкале

85 - 100 5 (отлично)

75 – 84 4 (хорошо)

51 - 74 3 (удовлетворительно)

менее 51 2 (не зачтено)

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		ПК-8.1	ПК-8.2	
4	7	Раздел 1. Введение в предмет "МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И КОМПЬЮТЕРНЫЕ МОДЕЛИ ПРОЧНОСТИ И МЕХАНИКИ РАЗРУШЕНИЯ". Основные понятия механики разрушения. Вязкое и хрупкое разрушение.	29	10	2	8	19	20	20	Вопросы для текущего контроля
4	7	Раздел 2. Напряжения и деформации в вершине трещины в упруго деформируемом теле.	29	11	5	6	18	20	20	Вопросы для текущего контроля
4	7	Раздел 3. Принцип суперпозиции при определении напряжённого состояния у вершины трещины.	29	10	4	6	19	20	20	Вопросы для текущего контроля
4	7	Раздел 4. Силовой и энергетический критерии разрушения линейной механики разрушения.	28	10	4	6	18	20	20	Вопросы к дифференцированному зачету
4	7	Раздел 5. Методы и критерии нелинейной механики разрушения. J-интеграла и связь его с пластическим раскрытием вершины трещины. Компьютерные модели роста трещин и динамического разрушения.	29	10	2	8	19	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 МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И КОМПЬЮТЕРНЫЕ МОДЕЛИ ПРОЧНОСТИ И 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
Связь между температурой плавления и величиной модуля Юнга основных конструкционных металлических сплавов характерна тем, что при комнатной температуре чем выше температура плавления, тем ...
- № 2 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ
Существует приближенная зависимость напряжений нормального отрыва у металлов и сплавов от ...
- № 3 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ
J- интеграл (интеграл Черепанова-Райса) называют инвариантным потому, что он не зависит от контура интегрирования, охватывающего ...
- № 4 Прочитайте текст и установите соответствие
Перед Вами размерности характеристик трещиностойкости материала. К каждой позиции, данной в левом столбце, подберите соответствующую позицию из правого столбца.

Размерности
характеристик
трещиностойкости
материала

Характеристики трещиностойкости материала

- | | |
|--|--|
| 1. МПа | А. Критический коэффициент интенсивности напряжений |
| 2. Дж/м ² | Б. Напряжения нормального отрыва |
| 3. МПа·м ^{1/2} | В. Сила, тормозящая трещину |
| 4. Ньютон,
деленный
миллиметр в
степени 3/2 | Г. Критическое раскрытие трещины (CTOD - crack tip opening displacement) |
| 5. мм | |

- № 5 Прочитайте текст и установите последовательность
Запишите соответствующую последовательность цифр слева направо по мере роста универсальности критерия механики разрушения.
1. Критерий Гриффитса
 2. Критерий разрушения с использованием пластического раскрытия вершины трещины
 3. Критерий Ирвина с поправкой на пластическую зону
- Критерий Черепанова-Райса с использованием J-интеграла
- № 6 Прочитайте текст и установите последовательность
Прочитайте текст и установите хронологическую последовательность появления критериев механики разрушения.
1. Критерий разрушения с использованием пластического раскрытия вершины трещины;
 2. Критерий Ирвина с поправкой на пластическую зону;
 3. Критерий Черепанова-Райса с использованием J-интеграла;
 4. Критерий Гриффитса;
 5. Критерий с использованием *JR* -кривой и модуля разрыва;

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

Коэффициент интенсивности напряжений зависит от...

- внешних нагрузок на твердое тело, от формы тела и формы трещины.
- марки материала твердого тела и от его предела текучести.
- наибольшего главного напряжения в вершине трещины и наибольшего касательного напряжения в вершине трещины.
- от предела прочности материала тела и напряжения нормального отрыва.

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

Решения Инглиса – Колосова и Дж. Ирвина задачи о равномерно растягиваемой плоскости с трещиной описывают ...

- характер распределения напряжений в окрестности вершины трещины
- характер распределения пластических деформаций на значительном удалении от вершины трещины
- характер распределения интенсивности пластических деформаций в окрестности вершины трещины
- характер распределения интенсивности напряжений в окрестности вершины трещины с учетом нелинейных физических свойств материала.

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

При использовании принципа суперпозиции для описания упругого напряженно-деформированного состояния в окрестности вершины трещины общего вида принимаются во внимание следующие виды трещин...

- трещина нормального отрыва, трещина поперечного (плоского) сдвига, трещина продольного (антиплоского) сдвига.
- краевая трещина и центральная трещина.
- сквозная и поверхностная трещина.
- трещина касательного отрыва; трещина нормального сдвига; трещина продольного отрыва.

№ 10 Прочитайте текст и установите соответствие

К каждой позиции, данной в левом столбце, подберите соответствующую позицию из правого столбца.

Характерный
признак стадии
усталостного
разрушения

Номер стадии

1. Появление
визуально
обнаруживаемой
трещины

А. Первая стадия усталостного разрушения

2. Рост
микроструктурно
короткой
трещины

Б. Вторая стадия усталостного разрушения

3 Развитие
физически
короткой
трещины

В. Третья стадия усталостного разрушения

- | | |
|---|---|
| 4. Медленный
устойчивый рост
видимой
трещины | Г. Четвертая стадия усталостного разрушения |
| 5. Быстрый
неустойчивый
рост видимой
трещины | Д. Последняя стадия усталостного разрушения |

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

Для хрупкого разрушения характерно ...

- появление волокнистой структуры поверхности излома образца
- низкое значение относительного сужения площади поперечного сечения образца при его растяжении.
- малое значение предела текучести.
- отсутствие заметных остаточных (пластических) деформаций после разрушения

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

Для вязкого разрушения характерно ...

- появление волокнистой структуры поверхности излома образца
- большое значение относительного сужения площади поперечного сечения образца при его растяжении.
- большое значение предела текучести.
- отсутствие заметных остаточных (пластических) деформаций после разрушения

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

Медленный докритический рост трещины обнаруживается на критической диаграмме нагружения образца с трещиной, изготовленного из...

- пластичного материала;
- материала, склонного к хрупким разрушениям;
- высокопрочной стали;
- материала с высокой твердостью.

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

Силовой и энергетический критерии разрушения эквивалентны только...

- в рамках линейной механики разрушения;
- при использовании методов нелинейной механики разрушения;
- в рамках решения статических задач;
- в рамках решения динамических задач.

№ 15 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Коэффициенты интенсивности напряжений полностью характеризуют упругие поля напряжений около трещины при ... размере пластической зоны

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

К уравнениям, выражающим зависимость скорости движения усталостной трещины от основных

факторов процесса нагружения, относятся ...

- уравнения Эйлера и Лагранжа
- уравнения Коши и Сен-Венана.
- уравнение Ламэ
- уравнение Пэриса-Эрдогана
- уравнение Формана

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 установите последовательность

Необходимо экспериментально определить критическое значение раскрытия трещины. Установите последовательность Ваших действий при определении раскрытия.

Запишите соответствующую последовательность цифр слева направо.

1. Выбрать средства измерения
2. Выбрать тип образца
3. Выбрать вид испытательной машины.
4. Выполнить нагружение образца
5. Обработать результаты измерений и определить критическое значение раскрытия трещины

№ 2 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Коэффициент жесткости напряженного состояния представляет собой отношение наибольшего главного напряжения к ...

№ 3 Прочитайте текст и установите соответствие

Перед Вами названия характеристик трещиностойкости материала. К каждой позиции, данной в левом столбце, подберите соответствующую позицию из правого столбца.

Характеристики трещиностойкости	
Раздел механики разрушения	
материала	
1. Критическое значение интеграла Черепанова-Райса	А. Линейная механика разрушения
2. Сила, тормозящая трещину	Б. Нелинейная механика разрушения
3. Критическое раскрытие трещины (CTOD - crack tip opening displacement)	
4. Критический коэффициент интенсивности напряжений	

№ 4 Прочитайте текст и установите последовательность

Установите последовательность роста размеров образцов для испытаний материалов на трещиностойкость для следующих их типов:

1. «Компактный» образец, испытываемый на внецентренное растяжение по ГОСТ 25.506-85

2. Плоский образец с краевой трещиной по ГОСТ 25.506-85, испытываемый на трехточечный поперечный изгиб
3. Полоса с центральной поперечной трещиной, осевое растяжение по ГОСТ 25.506-85
4. Полоса с краевой поперечной трещиной, осевое растяжение по ГОСТ 25.506-85

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

Критерий разрушения Ирвина содержит следующие характеристики...

- критический коэффициент интенсивности напряжений (предельное значение коэффициента интенсивности напряжений).
- предел текучести материала.
- коэффициент интенсивности напряжений
- предел прочности материала.
- удельную работу пластической деформации у вершины трещины.

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

Вид разрушения (хрупкое или вязкое разрушение) зависит ...

- от жесткости напряженного состояния в зоне разрушения,
- от температуры
- от скорости нагружения
- от габаритов тела и действующих на него нагрузок
- от величины предел текучести материала
- от твердости материала в предполагаемой зоне разрушения.

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

Деформационный критерий нелинейной механики разрушения содержит следующие характеристики...

- критическое раскрытие трещины (CTOD – crack tip opening displacement)
- предел прочности материала.
- удельную работу пластической деформации у вершины трещины
- раскрытие трещины в ее вершине.

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

Терминами, используемыми для обозначения отдельных частей поверхности трещины являются ...

- берега трещины; вершина трещины; фронт трещины.
- разветвленность трещины; протяженность трещины; раскрытие трещины.
- тип трещины; глубина трещины; искривленность трещины.
- протяженность трещины; рост трещины; неподвижность трещины.

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

В Механике разрушения поправка Ирвина на пластическую зону у вершины трещины вводится с целью ...

- уточнения критических нагрузок для тел с трещинами и для более точного нахождения вязкости разрушения по результатам испытаний образцов с трещинами.
- более точного определения размера пластической зоны, наблюдаемой при плоском напряженном состоянии.
- более точного определения интенсивности деформаций при плоском напряженном состоянии.
- с целью уточнения коэффициента концентрации напряжений у круглого отверстия при упруго-пластическом деформировании зоны концентрации.

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

Пороговое значение размаха коэффициента интенсивности напряжений – это...

- уровень размаха коэффициента интенсивности напряжений, снижение которого приводит к потере способности циклически деформируемой трещины к дальнейшему росту.
- уровень размаха коэффициента интенсивности напряжений, превышение которого приводит к быстрому (малоцикловому) разрушению конструкции (образца) с трещиной.
- наибольшее значение размаха коэффициента интенсивности напряжений, допускаемое при эксплуатации конструкции с трещиной.
- наибольшее значение размаха коэффициента интенсивности напряжений, допускаемое для данной марки материала.

№ 11 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Эффект «туннелирования» при испытаниях на растяжение плоских стальных образцов в условиях роста длины трещины, выражающийся в том, что фронт трещины заметно отличается от прямой линии, вызывается следующей причиной...

№ 12 Прочитайте текст и установите соответствие

К каждой позиции, данной в левом столбце, подберите соответствующую позицию из правого столбца.

Характерный признак стадии роста трещины	Характеристика устойчивости процесса
--	--------------------------------------

- | | |
|------------------------------|-------------------------|
| 1. медленный
рост трещины | A. устойчивый процесс |
| 2. быстрый рост
трещины | |
| 3. инициирование
трещины | B. неустойчивый процесс |