

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета

« ____ » _____ 20__

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И КОМПЬЮТЕРНЫЕ МОДЕЛИ ПРОЧНОСТИ И МЕХАНИКИ РАЗРУШЕНИЯ

Направление/специальность подготовки	15.03.03 Прикладная механика
Специализация/профиль/программа подготовки	Цифровой инжиниринг высокотехнологичных систем и процессов
Уровень высшего образования	Бакалавриат
Форма обучения	Очная
Факультет	Н Робототехника и инновационная инженерия
Выпускающая кафедра	НЗ Механика деформируемого твердого тела
Кафедра-разработчик рабочей программы	НЗ 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	8	3	108	26	0	0	26	82	0	0	82	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: 2026

Программу составил:

Кафедра НЗ Механика деформируемого твердого тела
Спиридонов Дмитрий Викторович, старший преподаватель

Программа рассмотрена
на заседании кафедры-разработчика
рабочей программы **НЗ Механика деформируемого твердого тела**

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

Программа рассмотрена
на заседании выпускающей кафедры

НЗ Механика деформируемого твердого тела

Заведующий кафедрой Крутова 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-9.2 — 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-9.2

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.

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, ТЕОРИЯ УПРУГОСТИ**.

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

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч.

3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме		Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, % ПК-9.2
				ВСЕГО	Практические занятия		
4	8	Раздел 1. Линейная механика разрушения. Напряженное состояние в окрестности вершины трещины в упругом теле. 1. Моделирование трещин с помощью надрезов эллиптической формы. Коэффициенты интенсивности напряжений разных типов. 2. Вычислительные методы расчёта коэффициентов интенсивности напряжений.	38	10	10	28	35
4	8	Раздел 2. Нелинейная механика разрушения. Энергетический инвариантный J-интеграл. 1. Способ расчетной оценки тел с трещинами на основе критерия в виде J-интеграла. 2. Связь силового и энергетического критериев разрушения.	36	8	8	28	35
4	8	Раздел 3. Распространение усталостных трещин. 1. Способ оценки скорости роста усталостных трещин на основе уравнения Париса-Эрдогана. 2. Методы расчета роста длины трещины при циклическом нагружении деталей.	34	8	8	26	30
Всего за 8 семестр			108	26	26	82	100
Всего по дисциплине			108	26	26	82	100

3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Линейная механика разрушения. Напряженное состояние в окрестности вершины трещины в упругом теле.	1. Аналитическое определение характеристик механики разрушения в упругом материале	4
2		2. Численное определение характеристик механики разрушения в упругом материале	6
3	Раздел 2. Нелинейная механика разрушения. Энергетический инвариантный J-интеграл.	1. Численное определение J-интеграла	6
4		2. Сравнение значений коэффициента интенсивности напряжений и J-интеграла	2
5	Раздел 3. Распространение усталостных трещин.	1. Определение скорости роста усталостной трещины	4
6		2. Расчет ресурса конструкции	4
Всего за 8 семестр			26

3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Линейная механика разрушения. Напряженное состояние в окрестности вершины трещины в упругом теле.	Освоение терминологии механики разрушения. Формирование представлений о трещинообразных дефектах в деталях и конструкциях.	28
2	Раздел 2. Нелинейная механика разрушения. Энергетический инвариантный J-интеграл.	Способ расчетной оценки тел с трещинами на основе критерия в виде J-интеграла.	28
3	Раздел 3. Распространение усталостных трещин.	Методы расчета роста длины трещины при циклическом нагружении деталей со сквозными и поверхностными трещинами.	26
Всего за 8 семестр			82

4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
8				ДЗ		ДР		ДЗ		ДР		ДЗ	Вопр.Диф.Зач, диф. зач.

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- Вопр.Диф.Зач – вопросы к дифференцированному зачету;
- ДЗ – домашнее задание;
- диф. зач. – дифференцированный зачет.

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

- диагностическая работа;
- вопросы к дифференцированному зачету;
- домашнее задание.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Основная литература по дисциплине:

1. . Конструкционная прочность материалов. Ресурс конструкций высоких параметров. Санкт-Петербург: Лань, 2023, эл. рес.
2. Г. Б. Крыжевич. . Механика разрушения металлических конструкций. СПб.: Изд-во КГНЦ, 2021, эл. рес.
3. Е. Г. Макаров. . Сопротивление материалов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020, 192 экз.
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:

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/> - Библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова;
2. <https://urait.ru/> - Образовательная платформа «Юрайт»;
3. <https://e.lanbook.com/> - Электронная библиотечная система «Лань».

Современные профессиональные базы данных:

1. <https://rusneb.ru> – Национальная электронная библиотека (НЭБ);
2. <https://cyberleninka.ru/> - Научная электронная библиотека «Киберленинка»;
3. <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:

1. Ansys Multiphysics 2019 Teaching Advanced.

5.6. Информационные технологии:

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

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Практические занятия:

1. Интерактивная доска;
2. Ansys Multiphysics 2019 Teaching Advanced.

6.2. 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 *Н Робототехника и инновационная инженерия БГТУ "ВОЕНМЕХ"* им. Д.Ф. Устинова кафедрой *НЗ Механика деформируемого твердого тела*.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ПК-9.2 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 задачами разрушения в материалах и конструкциях. Рассматриваются модели разрушения тел с трещинами, способы определения роста трещин, критерии интенсивности напряжений.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

- диагностическая работа;
- вопросы к дифференцированному зачету;
- домашнее задание.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **3 з.е., 108 ч**. Программой дисциплины предусмотрены практические занятия (**26 ч.**), самостоятельная работа студента (**82 ч.**).

ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 ч., из них 26 ч. аудиторных занятий, и 82 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. Линейная механика разрушения. Напряженное состояние в окрестности вершины трещины в упругом теле.		
Освоение терминологии механики разрушения. Формирование представлений о трещинообразных дефектах в деталях и конструкциях.	Ю. Г. Матвиенко. . Модели и критерии механики разрушения: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006 (2-4) Е. Г. Макаров. . Сопротивление материалов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020 (2-3) Г. Б. Крыжевич. . Механика разрушения металлических конструкций: СПб.: Изд-во КГНЦ, 2021 (1-3) . Конструкционная прочность материалов. Ресурс конструкций высоких параметров: Санкт-Петербург: Лань, 2023 (1-2)	28
Итого по разделу 1		28
Раздел 2. Нелинейная механика разрушения. Энергетический инвариантный J-интеграл.		
Способ расчетной оценки тел с трещинами на основе критерия в виде J-интеграла.	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 (5-8) . Конструкционная прочность материалов. Ресурс конструкций высоких параметров: Санкт-Петербург: Лань, 2023 (2-3)	28
Итого по разделу 2		28
Раздел 3. Распространение усталостных трещин.		
Методы расчета роста длины трещины при циклическом нагружении деталей со сквозными и поверхностными трещинами.	Ю. Г. Матвиенко. . Модели и критерии механики разрушения: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006 (5-8) . Конструкционная прочность материалов. Ресурс конструкций высоких параметров: Санкт-Петербург: Лань, 2023 (6-7) Г. Б. Крыжевич. . Механика разрушения металлических конструкций: СПб.: Изд-во КГНЦ, 2021 (7-9)	26
Итого по разделу 3		26

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- домашнее задание;
- 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.

Домашнее задание

Варианты домашних заданий размещены в УМК дисциплины.

Распределение баллов за выполнение домашних заданий производится согласно балльно-рейтинговой системе и представлено в технологической карте.

Вопросы к дифференцированному зачету

Вопросы к дифференцированному зачету размещены в УМК дисциплины.

Дифференцированный зачет

Обучающийся имеет право на получение оценки по дисциплине в соответствии с БРС без дополнительной сдачи дифф. зачета, а в случае несогласия с оценкой по БРС обучающийся имеет право сдать дифф. зачет в указанном ниже порядке.

Дифф. 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 «зачтено - отлично»

75 - 84 «зачтено - хорошо»

61 - 74 «зачтено - удовлетворительно»

менее 60 «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	Практические занятия		ПК-9.2	
4	8	Раздел 1. Линейная механика разрушения. Напряженное состояние в окрестности вершины трещины в упругом теле.	38	10	10	28	35	Домашнее задание, Вопросы к дифференцированному зачету
4	8	Раздел 2. Нелинейная механика разрушения. Энергетический инвариантный J-интеграл.	36	8	8	28	35	Вопросы к дифференцированному зачету, Домашнее задание
4	8	Раздел 3. Распространение усталостных трещин.	34	8	8	26	30	Вопросы к дифференцированному зачету, Домашнее задание
Всего за 8 семестр			108	26	26	82	100	
Всего по дисциплине			108	26	26	82	100	

**Оценочные материалы по дисциплине МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И КОМПЬЮТЕРНЫЕ
МОДЕЛИ ПРОЧНОСТИ И МЕХАНИКИ РАЗРУШЕНИЯ**

ПК-9.2 - 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
Силовая формулировка критерия разрушения связана с ...
- № 2 Прочитайте текст и установите соответствие
Какой тип трещины соответствует :
1. отрыву
 2. поперечному сдвигу
 3. продольному сдвигу
- № 3 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ
Энергетическая формулировка критерия разрушения связана с ...
- № 4 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
Изменение механических и физических свойств материала при длительном воздействии циклически меняющихся во времени напряжений и деформаций называется ...
1. Усталость
 2. Напряженность
 3. Прочность
 4. Уязвимость
- № 5 Прочитайте текст и установите соответствие
Какая величина соответствует какому критерию трещиностойкости ?
1. силовому
 2. энергетическому
 3. деформационному
- № 6 Прочитайте текст и установите последовательность
Расположите в порядке возникновения этапы жизненного цикла трещины :
1. Зарождение
 2. Устойчивый рост
 3. Неустойчивый рост
- № 7 Прочитайте текст и установите последовательность
Расположите в порядке убывания величины коэффициента интенсивности напряжений сквозные трещины в растянутой пластине, имеющие одинаковую длину и разное направление ?
1. поперечная боковая трещина
 2. поперечная центральная трещина
 3. центральная трещина, наклоненная под углом 45°
 4. продольная центральная трещина
- № 8 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

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

Противоположным свойству пластичности является свойство _____, т.е. способность материала разрушаться без образования заметных остаточных деформаций.

1. Хрупкости
2. Твёрдости
3. Упругости
4. Вязкости

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

Какие материалы относятся к хрупким ?

1. Стекло
2. Чугун
3. Алюминий
4. Низкоуглеродистая сталь

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

Какие материалы относятся к пластичным ?

1. Алюминий
2. Низкоуглеродистая сталь
3. Стекло
4. Чугун

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

От каких параметров зависит коэффициент интенсивности напряжений ?

1. Длины трещины
2. Напряжения в материале
3. Предела прочности материала
4. Модуля упругости материала