

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

«УТВЕРЖДАЮ»

Декан строительного факультета



/ Панфилов Д. В. /

«17» января 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**«Механика разрушения и основы долговечности строительных
конструкций»**

Направление подготовки 08.04.01 Строительство

**Программа Проектирование, расчет и изготовление строительных
сооружений и их элементов**

Квалификация выпускника магистр

Нормативный период обучения 2 года

Форма обучения очная

Год начала подготовки 2025

Автор программы

В. С. Сафронов

Заведующий кафедрой

В. А. Козлов

Строительной механики

Руководитель ОПОП

В. А. Козлов

Воронеж 2025

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины

Дисциплина «Механика разрушения и основы долговечности строительных конструкций» имеет своей целью ознакомить будущего специалиста основам механики разрушения и приемам их применения в прочностных расчетах несущих конструкций

1.2. Задачи освоения дисциплины

– научить магистранта владеть и применять механику разрушения при прочностных расчетах конструкций.

– ознакомить с особенностями расчётных моделей, применяемых в механике разрушения.

Приобретенные в процессе обучения навыки способствуют формированию инженерного мышления.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Механика разрушения и основы долговечности строительных конструкций» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений (дисциплина по выбору) блока Б1.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Механика разрушения и основы долговечности строительных конструкций» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-3 - Способен разрабатывать методики, планы и программы проведения научных исследований и разработок, готовить задания для исполнителей, прогнозировать результаты

ПК-5 - Способен создавать новые и совершенствовать существующие методики расчета и проектирования строительных конструкций и их элементов

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-3	знать методики, планы и программы проведения научных исследований и разработок, готовить задания для исполнителей, прогнозировать результаты
	уметь разрабатывать методики, планы и программы проведения научных исследований и разработок, готовить задания для исполнителей, прогнозировать результаты
	владеть методиками, планами и программами

	проведения научных исследований и разработок, готовить задания для исполнителей, прогнозировать результаты
ПК-5	знать современные приемы создания новых и совершенствования существующих методик расчета и проектирования строительных конструкций и их элементов
	уметь использовать новые и совершенствовать существующие методики расчета и проектирования строительных конструкций и их элементов
	владеть приемами создания новых и совершенствования существующих методик расчета и проектирования строительных конструкций и их элементов

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Механика разрушения и основы долговечности строительных конструкций» составляет 3 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий
очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		3
Аудиторные занятия (всего)	36	36
В том числе:		
Лекции	18	18
Практические занятия (ПЗ)	18	18
Самостоятельная работа	72	72
Курсовой проект	+	+
Виды промежуточной аттестации - зачет	+	+
Общая трудоемкость: академические часы	108	108
зач.ед.	3	3

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	СРС	Всего, час
1	Введение. Цели и задачи механики разрушения.	Основные виды разрушения и их характеристика. Эксперименты А. Гриффитса. Задача А. Гриффитса о трещине в хрупком теле.	4	2	12	18

		Энергетический подход.				
2	Силовой подход к анализу развития трещины.	Три типа деформаций у вершины трещины. Коэффициенты интенсивности напряжений. Критерии локального разрушения материала.	4	2	12	18
3	Механика упругопластического разрушения.	Модель Ирвина. Расчёт и измерение коэффициентов интенсивности напряжений. Метод податливости Ирвина.	4	2	12	18
4	Основы нелинейной механики разрушения.	Модель Леонова-Панасюка. Инвариантные интегралы Черепанова-Райса.	2	4	12	18
5	Вопросы разрушения основных строительных материалов	Механика разрушения металлических конструкций. Усталостное разрушение металлов. Механика коррозионного разрушения. Динамическая механика разрушения. Особенности разрушения неоднородных материалов. Разрушения бетонов при растяжении и сжатии.	2	4	12	18
6	Основы долговечности несущих строительных конструкций	Современные алгоритмы определения остаточной долговечности несущих конструкций зданий и сооружений из различных материалов с дефектами и повреждениями.	2	4	12	18
Итого			18	18	72	108

5.2 Перечень лабораторных работ

Не предусмотрено учебным планом

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины предусматривает выполнение курсовой работы в 2 семестре для очной формы обучения.

Примерная тематика курсовой работы: «Расчет прочности и трещиностойкости пластинки с вырезом на основе механики разрушения»

Задачи, решаемые при выполнении курсовой работы:

- определение расчетных значений допускаемых нагрузок на плоскую пластинку с вырезом;
- определению расчетных значений допускаемых нагрузок на плоскую

пластинку с центральной поперечной трещиной.

Курсовая работа включает в себя графическую часть и расчетно-пояснительную записку

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ПК-3		Тест	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	умение разработки методики, планов и программ проведения научных исследований и разработок, готовить задания для исполнителей, прогнозировать результаты	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владение методиками, планами и программами проведения научных исследований и разработок, подготовка задания для исполнителей, прогнозировать результаты	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

ПК-5	знание современных приемов создания новых и совершенствования существующих методик расчета и проектирования строительных конструкций и их элементов	Тест	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	умение использовать новые и совершенствовать существующие методики расчета и проектирования строительных конструкций и их элементов	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владение приемами создания новых и совершенствования существующих методик расчета и проектирования строительных конструкций и их элементов	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 3 семестре для очной формы обучения по двухбалльной системе:

«зачтено»

«не зачтено»

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Зачтено	Не зачтено
ПК-3	умение разработки методики, планов и программ проведения научных исследований и	Тест	Выполнение теста на 70-100%	Выполнение менее 70%

	разработок, готовить задания для исполнителей, прогнозировать результаты			
	владение методиками, планами и программами проведения научных исследований и разработок, подготовка задания для исполнителей, прогнозировать результаты	Решение стандартных практических задач	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	умение разработки методики, планов и программ проведения научных исследований и разработок, готовить задания для исполнителей, прогнозировать результаты	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ПК-5	знание современных приемов создания новых и совершенствования существующих методик расчета и проектирования строительных конструкций и их элементов	Тест	Выполнение теста на 70-100%	Выполнение менее 70%
	умение использовать новые и совершенствовать существующие	Решение стандартных практических задач	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

	методики расчета и проектирования строительных конструкций и их элементов			
	владение приемами создания новых и совершенствования существующих методик расчета и проектирования строительных конструкций и их элементов	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

1.	Сформулируйте условие для оценки возможности развития трещины в растянутой хрупкой пластинке по энергетическому методу - освобождаемая потенциальная энергия превышает необходимую для развития трещины
2.	Что представляет собой явление концентрации напряжений? - Местное увеличение напряжений при резком изменении размеров поперечного сечения
3.	Размерность коэффициента концентрации напряжений? - Безразмерная
4.	Размерность коэффициента интенсивности напряжений? - H/\sqrt{r} ^(-1,5)
5.	Сформулируйте условие для оценки возможности развития трещины в растянутой хрупкой пластинке по силовому методу - Расчетный коэффициент интенсивности напряжения не превышает предельного значения для материала
6.	Как определить предельное значение коэффициента интенсивности напряжения для материала - Опытным путем на образцах призм из заданного материала с искусственным надрезом
7.	Каким образом уменьшить коэффициент концентрации напряжений в растягиваемой хрупкой пластине с трещиной? - Рассверлить пластину по концам трещины
8.	Какая деформация пластины на краю трещины характеризует коэффициент интенсивности напряжений первого типа? - Расхождение берегов трещины
9.	Какая деформация пластины на краю трещины характеризует коэффициент интенсивности напряжений второго типа? - Скольжение берегов трещины друг относительно друга
10.	Какая деформация пластины на краю трещины характеризует коэффициент

	интенсивности напряжений третьего типа? - Анти плоская деформация, аналогичная возникающей при разрезе ножницами
--	---

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1	Число степеней свободы для плоского пластинчатого КЭ? -8
2	Число степеней свободы для плоского рамного стержневого КЭ? -6
3	Число степеней свободы для пространственного рамного стержневого КЭ? -12
4	Размерность нормального усилия для стержня в системе СИ? - Н, кН
5	Размерность поперечной силы для стержня в системе СИ? - Н, кН
6	Размерность изгибающего момента для стержня в системе СИ? - Нм, кНм
7	Размерность нормального усилия для стержня в системе МКГСС? - кГ, т
8	Размерность поперечной силы для стержня в системе МКГСС? - кГ, т
9	Размерность изгибающего момента для стержня в системе МКГСС? - кГм, тм
10	Размерности напряжений в системе СИ - Па, кПа, МПа

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

1. Цель и задачи курса механики разрушения. Основные понятия: типы дефектов, зависимости энергии взаимодействия и межатомных сил от межатомного расстояния, Предложение А. Гриффитса об энергетическом методе анализа появления и развития трещин.

2. Причины образования трещин в механике разрушения. Эффект Ребиндера. Факторы влияния на образование и развитие трещин. Понятие о коэффициенте поверхностного натяжения. Размерность.

3. Энергетический метод решения задачи Гриффитса о поперечной щине в растянутой пластине.

4. Определение потенциальной энергии деформации при центральном тяжении и сжатии стержня и пластины

5. Применение метода податливости к решению задачи Гриффитса о поперечной трещине в растянутой пластине.

6. Силовой метод механики разрушения для изучения трещин. Три типа деформации при описании трещин. Понятие о коэффициенте интенсивности напряжений. Размерность

7. Зависимость между коэффициентом интенсивности напряжений и интенсивностью освобождения энергии.

8. Два типа уравнений плоской задачи теории упругости, используемые в механике разрушения: плоская деформация и плоское напряженное состояние.

9. Использование балочной модели в задаче о расслоении двух одинаковых балок.

10. Применение силового и энергетического методов в задаче И.В.

реимова об отщеплении клином от поверхности тела тонкой полоски.

11. Применение понятия меры поврежденности Ю. Н. Работнова в задаче растяжении упругой полосы с трещиной.

12. Расчетная модель Ирвина для описания упругопластического поведения щин в материале.

13. Расчетная модель Леонова – Панасюка для описания упругопластического поведения трещин в материале.

14. Экспериментальное определение коэффициентов интенсивности напряжений на бетонных образцах с надрезом.

15. Влияние размеров образца, длины трещины, ширины и длины надреза, водоцементного отношения и возраста бетона на предельный коэффициент интенсивности напряжений.

16. Нормирование параметров механики разрушения для бетона в зависимости от расчетных сопротивлений на сжатие R_b и растяжение R_{bt} .

17. Последовательность определения расчетного значения коэффициента интенсивности напряжений по методу конечных элементов.

18. Расчет прочности хрупкой пластинки с трещиной на основе использования коэффициента концентрации напряжений.

19. Расчет трещиностойкости и трещинообразования пластинки с трещиной на основе использования коэффициента интенсивности напряжений.

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Зачет проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит три вопроса из числа включенных в перечень, представленных в разделе 7.2.5 настоящей программы, и контрольную задачу по определению максимальной нагрузки, которая может быть приложена к пластинке с трещиной из заданного материала с известным коэффициентом интенсивности напряжений. Правильное решение задачи оценивается в четыре балла, правильный ответ на теоретической вопрос оценивается в два балла. Максимальное количество набранных баллов – 10.

1. Оценка «Не зачтено» ставится в случае, если студент набрал менее 3 баллов.

2. Оценка «Зачтено» ставится в случае, если студент набрал от 3 до 6 баллов

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Введение. Цели и задачи механики разрушения.	ПК-3, ПК-5	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....

2	Силовой подход к анализу развития трещины.	ПК-3, ПК-5	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
3	Механика упругопластического разрушения.	ПК-3, ПК-5	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
4	Основы нелинейной механики разрушения.	ПК-3, ПК-5	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
5	Вопросы разрушения основных строительных материалов	ПК-3, ПК-5	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
6	Основы долговечности несущих строительных конструкций	ПК-3, ПК-5	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....

7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Защита курсовой работы осуществляется согласно требованиям, предъявляемым к работе, описанным в методических материалах. Примерное время защиты на одного студента составляет 20 мин.

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1 Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля):

8.2 Основная литература:

1. Пестриков В.М., Морозов Е.М. Механика разрушения. Курс лекций; издат. М:Ленанд; 2012г. – 522 с.
2. Калиновская Т.Г. Сопротивление материалов [Электронный ресурс]: учебное пособие / Т. Г. Калиновская, Н. А. Дроздова, А. Т. Рябова-Найдан. - Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2016. -164 с. - ISBN 978-7638-3580-9. URL: <http://www.iprbookshop.ru/84132.html>

8.3 Дополнительная литература:

3. Работнов Ю. Введение в механику разрушения; изд . М:Ленанд; 2009 г. -82
4. Морозов Е.М. ANSYS в руках инженера. Механика разрушения; издат. М:Ленанд; 2010г. – 456 с.
5. Зайцев Ю.В. Механика разрушения для строителей. Учебное пособие для проит. вузов. –М.: Высш. шк. 2011. -288с.
6. Пирадов К.А, Пирадов А,Б., Иосебашвили Г.Г., Кахиани Л.А. Расчет стонных и железобетонных конструкций на основе методов механики разрушения. Тбилиси, изд. МЕЦНИЕРЕБА, -243с.

8.4 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем: программные комплексы ЛИРА-САПР-2014 , SCAD-2013, система инженерных расчётов MatLab.

8.5 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля):

1. www.edu.vgasu.ru – учебный портал ВГАСУ;
2. elibrary.ru;
3. <https://картанауки.рф/>;
4. dwg.ru.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата внесения изменений	Подпись заведующего кафедрой, ответственной за реализацию ОПОП
----------	-----------------------------	----------------------------	--