МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Факультет компьютерных технологий и прикладной математики



«28» мая 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.О.11 «Математические модели механики разрушения»

Направление подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика

Направленность (профиль) Математическое моделирование в естествознании и технологиях

Форма обучения очная

Квалификация магистр

Краснодар 2021

Рабочая программа дисциплины «Математические модели механики разрушения» составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика

Программу составил:

Бабешко В.А., акад. РАН, д-р физ.-мат. наук, проф., зав. кафедрой математического моделирования КубГУ _____

Дунаев И.В., д-р физ.-мат, проф. кафедры математического моделирования КубГУ

Рабочая программа дисциплины «Математические модели механики разрушения» утверждена на заседании кафедры математического моделирования протокол № 10 от «20» мая 2021 г.

Заведующий кафедрой (разработчика) акад. РАН, д-р физ.-мат. наук, проф. Бабешко В.А. _____

Утверждена на заседании учебно-методической комиссии факультета компьютерных технологий и прикладной математики протокол №1 от «21» мая 2021 г.

Председатель УМК факультета
д-р. техн. наук, доцент Коваленко А.В. _____
подпись

Рецензенты:

Калинчук В.В., д-р физ.-мат. наук, члю-корр. РАН, заведующий отделом математики, механики и нанотехнологий Южного научного центра РАН

Уртенов М.Х, д-р физ.-мат. наук, зав. кафедрой прикладной математики КубГУ

1 Цели и задачи изучения дисциплины

1.1 Цель освоения дисциплины

Цели изучения дисциплины определены государственным образовательным стандартом высшего образования и соотнесены с общими целями ООП ВО по направлению подготовки «Прикладная математика и информатика» (уровень магистратуры), в рамках которого преподается дисциплина.

Данная дисциплина ставит своей целью изучение основных явлений процесса разрушения, принципов и подходов, применяемых при математическом моделировании этого процесса, знакомство с фундаментальными понятиями, концепциями, моделями и методами механики разрушения; формирование у будущих специалистов теоретических знаний и умений, необходимых для научных исследований, выработку профессиональных навыков исследователя.

Процесс освоения данной дисциплины направлен на получения необходимого объема теоретических знаний, отвечающих требованиям ФГОС ВО и обеспечивающих успешное проведение магистром профессиональной деятельности, владение методологией формулирования и решения прикладных задач, а также на выработку умений применять на практике методы прикладной математики и информатики. Цели дисциплины соответствуют следующим формируемым компетенциям: ОПК-4, ПК-3.

1.2 Задачи дисциплины

Основные **задачи** дисциплины:

– усвоение основных понятий, гипотез и методов механики разрушения, необходимых для решения прикладных задач применения дисциплины;

– формирование навыков построения и исследования математических моделей механики разрушения, а также содержательной интерпретации полученных математических результатов;

– формирование творческого подхода к моделированию различных процессов; привитие практических навыков использования методов механики разрушения при решении прикладных задач.

1.3 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Математические модели механики разрушения» относится к обязательным дисциплинам Блока 1 "Дисциплины (модули)" подготовки магистра, базируется на знаниях, полученных по стандарту высшего образования, и является важной составляющей теоретической подготовки квалифицированного специалиста по программе «Математическое моделирование в естествознании и технологиях».

Знания и умения, полученные в ходе изучения дисциплины будут полезны обучающимся при написании магистерской диссертации и ведения последующей профессиональной деятельности.

Имеется логическая и содержательно-методическая взаимосвязь с другими частями ООП ВО. Данный курс наиболее тесно связан с курсами: Модели механики деформируемого твердого тела, Дополнительные главы уравнений математической физики, Математические модели в сейсмологии

Необходимым требованием к «входным» знаниям, умениям и опыту деятельности обучающегося при освоении данной дисциплины является уверенное владение материалом следующих курсов: математический анализ, функциональный анализ, теоретическая механика, уравнения математической физики, теория функций комплексного переменного.

1.4 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

Изучение данной учебной дисциплины направлено на овладение обучающимися профессиональными компетенциями (ПК):

В результате изучения дисциплины студент должен овладеть

ОПК-4 Способен комбинировать и адаптировать существующие информационно-коммуникационные технологии для решения задач в области профессиональной деятельности с учетом требований информационной безопасности

Знать ИОПК-4.6 (A/01.6 Зн.2) Методы и приемы алгоритмизации поставленных задач с учетом требований информационной безопасности

ИОПК-4.8 (A/01.6 Зн.9) Компоненты программно-технических архитектур, существующие приложения и интерфейсы взаимодействия с ними, существующие информационно-коммуникационные технологии для решения задач в области профессиональной деятельности с учетом требований информационной безопасности

Уметь ИОПК-4.11 (A/01.6 У.1) Использовать методы и приемы формализации задач, комбинировать и адаптировать существующие информационно-коммуникационные технологии для решения задач в области профессиональной деятельности с учетом требований информационной безопасности

Владеть ИОПК-4.21 (D/04.7 Тд.5) Ответы на вопросы и предложения участников аналитической группы проекта посредством информационно-коммуникационных технологий при решении задач в области профессиональной деятельности с учетом требований информационной безопасности

ПК-3 Способен эффективно применять алгоритмические и программные решения в области информационно-коммуникационных технологий, а также участвовать в их проектировании и разработке

Знать ИПК-3.1 (D/01.6 Зн.2) Возможности современных и перспективных средств разработки программных продуктов, технических средств, алгоритмические и программные решения в области информационно-коммуникационных технологий

ИПК-3.9 (A/01.6 Зн.2) Методы и приемы алгоритмизации поставленных задач, программные решения в области информационно-коммуникационных технологий

Уметь ИПК-3.19 (D/01.6 У.2) Вырабатывать варианты реализации требований, эффективно применять алгоритмические и программные решения в области информационно-коммуникационных технологий, а также участвовать в их проектировании и разработке

ИПК-3.21 (A/01.6 У.1) Использовать методы и приемы формализации задач, эффективно применять алгоритмические и программные решения в области информационно-коммуникационных технологий, а также участвовать в их проектировании и разработке

Владеть ИПК-3.34 (D/29.7 Тд.4) Утверждение регламентов по управлению качеством, а также участвовать в их проектировании и разработке

ИПК-3.40 (D/04.7 Тд.5) Ответы на вопросы и предложения участников аналитической группы проекта по эффективности алгоритмических и программных решений

Код компетенции	Формулировка компетенции
ОПК-3	Способен комбинировать и адаптировать существующие информационно-коммуникационные технологии для решения задач в области профессиональной деятельности с учетом требований информационной безопасности

ИОПК-4.6 (A/01.6 Зн.2) Методы и приемы алгоритмизации поставленных задач с учетом требований информационной безопасности ИОПК-4.8 (A/01.6 Зн.9) Компоненты программно-технических архитектур, существующие приложения и интерфейсы взаимодействия с ними, существующие информационно-коммуникационные технологии для решения задач в области профессиональной деятельности с учетом требований информационной безопасности ИОПК-4.11 (A/01.6 У.1) Использовать методы и приемы формализации задач, комбинировать и адаптировать существующие информационно-коммуникационные технологии для решения задач в области профессиональной деятельности с учетом требований информационной безопасности ИОПК-4.21 (D/04.7 Тд.5) Ответы на вопросы и предложения участников аналитической группы проекта посредством информационно-коммуникационных технологий при решении задач в области профессиональной деятельности с учетом требований информационной безопасности	Знает	– понятия и концепции механики разрушения; – подходы к исследованию процессов разрушения, лежащие в основе построения эффективных моделей; – современные тенденции развития научных и прикладных достижений в области механики разрушения; – методы алгоритмизации предлагаемых решений
	Умеет	– использовать современные теории для решения научно-исследовательских и прикладных задач; – эффективно использовать тематические печатные и электронные ресурсы.
	Владеет	– методологией формулирования и решения задач механики разрушения; – навыками построения математических моделей процессов разрушения; – навыками формализации модели; – – навыками анализа, сопоставления и обобщения результатов теоретических и практических исследований в предметной области.

ПК-3	Способен эффективно применять алгоритмические и программные решения в области информационно-коммуникационных технологий, а также участвовать в их проектировании и разработке

ИПК-3.1 (D/01.6 Зн.2) Возможности современных и перспективных средств разработки программных продуктов, технических средств, алгоритмические и программные решения в области информационно-коммуникационных технологий ИПК-3.9 (A/01.6 Зн.2) Методы и приемы алгоритмизации поставленных задач, программные решения в области информационно-коммуникационных технологий ИПК-3.19 (D/01.6 У.2) Вырабатывать варианты реализа-	**Знает**	– способы использования современных методов для решения научных и практических задач; – принципы выбора методов и средств изучения математической модели – программное обеспечение для реализации процесса моделирования
	Умеет	– применять методы механики разрушения к исследованию математической модели и оценки ее адекватности; – содержательно интерпретировать результаты, – использовать современные программные решения и среды для реализации процесса моделирования
	Владеет	– методами расчетов коэффициентов интенсивности напряжений в упругих телах при различных условиях

ции требований, эффективно применять алгоритмические и программные решения в области информационно-коммуникационных технологий, а также участвовать в их проектировании и разработке ИПК-3.21 (A/01.6 У.1) Использовать методы и приемы формализации задач, эффективно применять алгоритмические и программные решения в области информационно-коммуникационных технологий, а также участвовать в их проектировании и разработке ИПК-3.34 (D/29.7 Тд.4) Утверждение регламентов по управлению качеством, а также участвовать в их проектировании и разработке ИПК-3.40 (D/04.7 Тд.5) Ответы на вопросы и предложения участников аналитической группы проекта по эффективности алгоритмических и программных решений		нагружения; – методами оценки эффективности предлагаемых подходов; – навыками использования пакетов прикладных программ и программных сред для обеспечения процесса моделирования.

Процесс освоения дисциплины «Математические модели механики разрушения» направлен на получения необходимого объема теоретических знаний, отвечающих требованиям ФГОС ВО и обеспечивающих успешное ведение магистром профессиональной деятельности, владение методологией формулирования и решения прикладных задач, а также на выработку умений применять на практике методы прикладной математики и информатики

2. Структура и содержание дисциплины

2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зач. ед., (72 часа), их распределение по видам работ представлено в таблице

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр (часы)
		2
Контактная работа, в том числе	**20,3**	**20,3**
Аудиторные занятия (всего):		
Занятия лекционного типа	10	10
Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия)	–	–
Лабораторные занятия	10	10
Иная контактная работа:		
Контроль самостоятельной работы (КРП)	–	–
Промежуточная аттестация (ИКР)	0,3	0,3
Самостоятельная работа, в том числе:	**16**	**16**
Курсовая работа	–	–
Проработка учебного (теоретического) материала	14	14

Вид учебной работы		Всего часов	Семестр (часы)
			2
Подготовка к текущему контролю		2	2
Контроль: экзамен			
Подготовка к экзамену		35,7	35,7
Общая трудоемкость	**час.**	**72**	**72**
	в том числе контактная работа	**20,3**	**20,3**
	зач. ед	**2**	**2**

2.2 Структура дисциплины

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.

№	Наименование разделов	Количество часов			
		Всего	Аудиторная работа		Внеаудиторная работа
			Л	ЛР	СРС
1	Основные понятия механики разрушения	6	2	2	2
2	Линейная механика разрушения	8	4	2	2
3	Программное обеспечение для реализации моделей	4	–	2	2
4	Нелинейная механика разрушения	10	2	2	6
5	Усталостное разрушение	8	2	2	4
Промежуточная аттестация (ИКР)		0,3	–	–	–
Контроль		35,7	–	–	–
Итого:		**72**	**10**	**10**	**16**

Примечание: Л – лекции, ЛР – лабораторные занятия, СРС – самостоятельная работа студента.

2.3 Содержание разделов (тем) дисциплины

№	Наименование раздела	Содержание раздела	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1.	Основные понятия механики разрушения	Предмет механики разрушения. Возникновение механики разрушения: причины и истоки. Теоретическая и реальная прочность твердых тел. Первая модель тела с трещиной. Растяжение пластины с круговым отверстием. Концентрация напряжений в области сферической полости в поле чистого сдвига. Концентрация напряжений в области сферической полости в поле одноосного растяжения	Подготовка и представление анилитического обзора
2.	Линейная механика	Полубесконечная трещина. Решение методом	Опрос по

№	Наименование раздела	Содержание раздела	Форма текущего контроля
1	2	3	4
	разрушения	разложения по собственным функциям. Простейшие задачи о напряженном состоянии упругого тела с трещиной. Метод комплексных потенциалов. Коэффициент интенсивности напряжений. Энергетический критерий разрушения. Силовой критерий разрушения. Эквивалентность силового и энергетического критериев разрушения. Устойчивость и неустойчивость роста трещин. Поток энергии в вершину трещины. Концепция квазихрупкого разрушения. Область применимости линейной механики разрушения.	результатам лабораторной работы
3.	Нелинейная механика разрушения.	Влияние физической нелинейности. Пластическая область в вершине трещины. Локализованная пластичность. Трещина антиплоского сдвига в идеально пластическом теле. Напряжения в окрестности вершины трещины нормального отрыва в условиях плоского напряженного и плоского деформированного состояния в идеально пластическом материале.	Опрос по результатам лабораторной работы
4.	Усталостное разрушение	Особенности усталостного разрушения. Многоцикловая и малоцикловая усталость. Исследование скорости распространения усталостных трещин. Усталостная долговечность.	Опрос по результатам лабораторной работы

2.3.1 Занятия лекционного типа

Раздел 1. Предмет механики разрушения. Возникновение механики разрушения: причины и истоки. Теоретическая и реальная прочность твердых тел. Первая модель тела с трещиной. Растяжение пластины с круговым отверстием. Концентрация напряжений в области сферической полости в поле чистого сдвига. Концентрация напряжений в области сферической полости в поле одноосного растяжения (**2** ч.).

Раздел 2. Полубесконечная трещина. Решение методом разложения по собственным функциям. Простейшие задачи о напряженном состоянии упругого тела с трещиной. Метод комплексных потенциалов. Коэффициент интенсивности напряжений Энергетический критерий разрушения. Силовой критерий разрушения. Эквивалентность силового и энергетического критериев разрушения. (**2** ч.) Устойчивость и неустойчивость роста трещин. Поток энергии в вершину трещины. Динамические задачи механики хрупкого разрушения. Локальное стационарное поле. Установившиеся колебания у вершины неподвижной трещины. Ударные нагрузки. Концепция квазихрупкого разрушения. Область применимости линейной механики разрушения (**2** ч.).

Раздел 4. Влияние физической нелинейности. Пластическая область в вершине трещины. Локализованная пластичность. Трещина антиплоского сдвига в идеально пластическом теле. Напряжения в окрестности вершины трещины нормального отрыва в

условиях плоского напряженного и плоского деформированного состояния в идеально пластическом материал (**2** ч.).

Раздел 5. Особенности усталостного разрушения. Многоцикловая и малоцикловая усталость. Исследование скорости распространения усталостных трещин. Усталостная долговечность (**2** ч.).

2.3.2 Занятия семинарского типа

Учебный план не предусматривает занятий семинарского типа по дисциплине «Математические модели механики разрушения».

2.3.3 Лабораторные занятия

№ работы	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Форма текущего контроля
1	1	Растяжение пластины с круговым отверстием; Растяжение плоскости с эллиптическим отверстием.	Отчет по ЛР
2	2	Полубесконечная трещина. Решение методом разложения по собственным функциям; Простейшие задачи о напряженном состоянии упругого тела с трещиной. Метод комплексных потенциалов.	Отчет по ЛР
3	2	Обзор возможностей прикладных пакетов	Отчет по ЛР
4	4	Напряжение в вершине трещины нормального отрыва в условиях плоского напряженного и плоского деформированного состояний в идеально пластическом материале	Отчет по ЛР
5	5	Влияние упрочнения. Задача о неподвижной трещине антиплоского сдвига в материале со степенным законом упрочнения; Асимптотическое исследование полей напряжений и скоростей деформаций у вершины растущей трещины в условиях ползучести и стационарной трещины в нелинейно вязком теле	Отчет по ЛР

При проведении лабораторных работ используются лицензионные математические пакеты Maple и Matlab, Comsol

Примерные задания на лабораторные работы

1. Растяжение пластины с круговым отверстием
2. Растяжение плоскости с эллиптическим отверстием
3. Простейшие задачи о напряженном состоянии упругого тела с трещиной. Метод комплексных потенциалов.

4. Напряжение в вершине трещины нормального отрыва в условиях плоского напряженного и плоского деформированного состояний в идеально пластическом материале
5. Влияние упрочнения. Задача о неподвижной трещине антиплоского сдвига в материале со степенным законом упрочнения.
6. Асимптотическое исследование полей напряжений и скоростей деформаций у вершины растущей трещины в условиях ползучести и стационарной трещины в нелинейно вязком теле.

2.3.4 Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Учебный план не предусматривает курсовых работ по дисциплине «Математические модели механики разрушения».

2.4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

№	Вид СРС	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1	2	3
1	Подготовка к текущему контролю, подготовка индивидуальных зада–ний	1. Колесников Ю.В., Морозов Е.М. Механика контактного разрушения. М.: URSS, 2012. 224 с. 2. Партон, В.З. Механика разрушения: от теории к практике. М.: URSS: Изд-во ЛКИ, 2016. 239 с. 3. Степанова, Л.В. Математические методы механики разрушения. Москва: Физматлит, 2009. 336 с. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/59534. 4. Методические указания по организации и выполнению самостоятельной работы, утвержденные на заседании кафедры математического моделирования факультета компьютерных технологий и прикладной математики ФГБОУ ВО «КубГУ», протокол № 10 от 30.03.2018

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

– в печатной форме увеличенным шрифтом,

– в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

– в печатной форме,

– в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в печатной форме,

– в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

2.5 Самостоятельное изучение разделов дисциплины

Целью самостоятельной работы является углубление знаний, полученных в результате аудиторных занятий, выработка навыков индивидуальной работы, закрепление навыков, сформированных во время лабораторных занятий.

Содержание приведенной основной и дополнительной литературы позволяет охватить широкий круг задач и методов теории механики разрушения.

Раздел 1. Причины разрушения материалов и конструкций. Катастрофические разрушения. Интегральный вариационный принцип теории трещин. Растяжение плоскости с эллиптическим отверстием.

Раздел 2. Задачи о напряженном состоянии упругого тела с трещиной. Основные численные методы расчета коэффициента интенсивности напряжений. Три независимых типа трещин. Концепция квазихрупкого разрушения. Поправка Ирвина на пластическую деформацию. Область применимости линейной механики разрушения.

Раздел 4. Физическая нелинейность. Сингулярное решение Хатчинсона – Райса - Розенгрена. Инвариантный интеграл Эшелби – Черепанова - Райса. Модель Дагдейла. Модификация модели Дагдейла. Разгрузка трещины Дагдейла. Критерий осреднения напряжений у вершины трещины (критерий Новожилова) в статических и динамических задачах механики разрушения. Асимптотика напряжений у вершины стационарной трещины в упругом нелинейно вязком теле. Асимптотическое исследование полей напряжений и скоростей деформаций у вершины растущей трещины в условиях ползучести. Экспериментальные методы определения вязкости разрушения (трещиностойкости) материала. Автомодельная задача о трещине антиплоского сдвига в среде с поврежденностью (связанная постановка задачи ползучести с поврежденностью). Двухпараметрические критерии разрушения. Предел трещиностойкости материала.

Раздел 5. Математические модели коррозионного роста трещин (диффузионная модель, феноменологическая модель). Экспериментальные исследования коррозионного роста трещин. Пороговый коэффициент интенсивности напряжений. Многоцикловая и малоцикловая усталость. Пластические зоны у вершины трещины при перегрузке. Решение Хальта – Макклинтока. Метод годографа Нейбера - Райса. Рост трещин при циклическом нагружении. Эмпирическая формула Париса.

3. Образовательные технологии

Программа по дисциплине «Механика разрушения» предусматривает использование в учебном процессе следующих образовательные технологии: чтение лекций с использованием мультимедийных технологий; работа над индивидуальными заданиями с использованием пакетов прикладных программ, разбор конкретных ситуаций на практических занятиях.

Компьютерные технологии предоставляют средства разнопланового отображения алгоритмов и демонстрационного материала.

Подход разбора конкретных ситуаций широко используется как преподавателем, так и бакалаврами во время лекций и анализа результатов самостоятельной работы. Это обусловлено тем, что в процессе моделирования часто встречаются задачи, для которых единых подходов не существует. При исследовании и решении каждой конкретной задачи имеется, как правило, несколько методов, а это требует разбора и оценки целой совокупности конкретных ситуаций.

При обучении используются следующие образовательные технологии:

– Технология коммуникативного обучения – направлена на формирование коммуникативной компетентности студентов, которая является базовой, необходимой для адаптации к современным условиям межкультурной коммуникации.

– Технология разноуровневого (дифференцированного) обучения – предполагает осуществление познавательной деятельности студентов с учётом их индивидуальных способностей, возможностей и интересов, поощряя их реализовывать свой творческий потенциал.

– Технология модульного обучения – предусматривает деление содержания дисциплины на достаточно автономные разделы (модули), интегрированные в общий курс.

– Информационно-коммуникационные технологии (ИКТ) - расширяют рамки образовательного процесса, повышая его практическую направленность, способствуют интенсификации самостоятельной работы учащихся и повышению познавательной активности.

– Интернет-технологии – предоставляют широкие возможности для поиска информации, разработки научных проектов, ведения научных исследований.

– Технология индивидуализации обучения – помогает реализовывать личностно-ориентированный подход, учитывая индивидуальные особенности и потребности учащихся.

– Проектная технология – ориентирована на моделирование социального взаимодействия учащихся с целью решения задачи, которая определяется в рамках профессиональной подготовки, выделяя ту или иную предметную область.

– Технология обучения в сотрудничестве – реализует идею взаимного обучения, осуществляя как индивидуальную, так и коллективную ответственность за решение учебных задач.

– Технология развития критического мышления – способствует формированию разносторонней личности, способной критически относиться к информации, умению отбирать информацию для решения поставленной задачи.

Комплексное использование в учебном процессе всех вышеназванных технологий стимулируют личностную, интеллектуальную активность, развивают познавательные процессы, способствуют формированию компетенций, которыми должен обладать будущий специалист.

<table>
<tr><td>Семестр</td><td>Вид занятия</td><td colspan="2">Используемые интерактивные образовательные технологии</td><td>Общее количество часов</td></tr>
<tr><td rowspan="5">3</td><td rowspan="4">Л</td><td colspan="2">Интерактивная подача материала с мультимедийной системой. Обсуждение сложных и дискуссионных вопросов.</td><td>4</td></tr>
<tr><td>№</td><td>Тема</td><td>количество часов</td></tr>
<tr><td>1</td><td>Основные понятия механики разрушения</td><td>2</td></tr>
<tr><td>2</td><td>Усталостное разрушение</td><td>2</td></tr>
<tr><td>ЛР</td><td colspan="2">Компьютерные занятия в режимах взаимодействия «преподаватель – студент» и «студент – студент»</td><td>4</td></tr>
<tr><td colspan="4">Итого:</td><td>8</td></tr>
</table>

Цель ***лекции*** – обзор методов построения и исследования математических моделей механики разрушения, знакомство с проблемами и математическим аппаратом. На

лекциях студенты получают общее представление о подходах и методах исследования и решения задач.

Интерактивные формы проведения лекций: проблемная лекция; лекция – дискуссия, лекция – конференция.

Цель ***лабораторного занятия*** – научить применять теоретические знания при решении и исследовании конкретных задач.

Лабораторные занятия проводятся в компьютерных классах, при этом практикуется работа в группах.

Внеаудиторные формы работы: написание аналитического обзора; работа с литературой и электронными ресурсами.

Темы и вопросы для самостоятельной работы призваны сформировать навыки поиска информации, умения самостоятельно расширять и углублять знания, полученные в ходе лекционных и лабораторных занятий.

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрена организация консультаций с использованием электронной почты.

4 Оценочные и методические материалы

4.1 Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

Учебная деятельность проходит в соответствии с графиком учебного процесса. Процесс самостоятельной работы контролируется во время аудиторных занятий и индивидуальных консультаций. Самостоятельная работа студентов проводится в форме изучения отдельных теоретических вопросов по предлагаемой литературе.

Фонд оценочных средств дисциплины состоит из средств текущего контроля (см. список лабораторных работ, тем обзоров и вопросов для самоподготовки) и промежуточной аттестации (экзамена).

Обязательным условием допуска студента к экзамену является успешное выполнение индивидуального заданий (подготовка и презентация аналитического обзора) и лабораторных работ.

Подготовка аналитического обзора – полностью индивидуальная форма обучения. Студент представляет свою работу, отвечает на вопросы аудитории и преподавателя. Презентация осуществляется средствами MS Office.

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Перечень компетенций	Виды занятий			Формы контроля
	Л.	Лаб.	СРС	
ОПК-3	+	+	+	– Подготовка и представление обзора; – Подготовка и представление обзора.
ПК-4		+	+	– Опрос по результатам выполнения лабораторных заданий. – Экзамен

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

– при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене;

– при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;

– при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

– в печатной форме увеличенным шрифтом,

– в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

– в печатной форме,

– в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в печатной форме,

– в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

Структура оценочных средств для текущей и промежуточной аттестации

№	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	компетенции	Наименование оценочного средства	
			Текущий контроль	Промежуточная аттестация
1	Основные понятия механики разрушения	ИОПК-4.6 (A/01.6 Зн.2) ИОПК-4.11 (A/01.6 У.1) ИОПК-4.21 (D/04.7 Тд.5)	*ПДР, АО*	*ЭВ* (1)
2	Линейная механика разрушения	ИОПК-4.6 (A/01.6 Зн.2) ИОПК-4.11 (A/01.6 У.1) ИОПК-4.21 (D/04.7 Тд.5) ИПК-3.19 (D/01.6 У.2) ИПК-3.34 (D/29.7 Тд.4)	*ПДР, УО*	*ЭВ* (2–9)
3	Программное обеспечение для реализации моделей	ИОПК-4.8 (A/01.6 Зн.9) ИОПК-4.11 (A/01.6 У.1) ИПК-3.1 (D/01.6 Зн.2) ИПК-3.9 (A/01.6 Зн.2) ИПК-3.21 (A/01.6 У.1) ИПК-3.40 (D/04.7 Тд.5)		
4	Нелинейная механика разрушения	ИОПК-4.6 (A/01.6 Зн.2) ИОПК-4.11 (A/01.6 У.1) ИОПК-4.21 (D/04.7 Тд.5) ИПК-3.19 (D/01.6 У.2) ИПК-3.34 (D/29.7 Тд.4)	*ПДР, УО*	*ЭВ* (10–14)
5	Усталостное разрушение	ИОПК-4.6 (A/01.6 Зн.2) ИОПК-4.11 (A/01.6 У.1) ИОПК-4.21 (D/04.7 Тд.5) ИПК-3.19 (D/01.6 У.2) ИПК-3.34 (D/29.7 Тд.4)	*ПДР, УО, АО*	*ЭВ* (15–20)

Сокращения: *УО* – устный опрос, *ПДР* – проверка самостоятельной неаудиторной работы, АО – аналитический обзор, *ЭВ* – экзаменационные вопросы.

Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

В рамках самостоятельной работы студент готовит обзор по выбранной теме. Каждый студент выполняет работу по одной теме.

Для написания обзора необходимо подобрать литературу. Общее количество литературных источников, включая тексты из Интернета, (публикации в журналах), должно составлять не менее 10 наименований. Учебники в литературные источники не входят.

Рефераты выполняют на листах формата А4. Страницы текста, рисунки, формулы нумеруют, рисунки снабжают подрисуночными надписями. Текст следует печатать шрифтом №14 с интервалом между строками в 1,5 интервала, без недопустимых сокращений. В конце работы приводят список использованных источников.

Обзор должен быть подписан магистрантом с указанием даты ее оформления.

Работы, выполненные без соблюдения перечисленных требований, возвращаются на доработку.

Выполненная магистрантом работа определяется на проверку преподавателю в установленные сроки. Если у преподавателя есть замечания, работа возвращается и после исправлений либо вновь отправляется на проверку, если исправления существенные, либо предъявляется на зачете, где происходит ее защита.

Для приобщения обучаемых к поиску и исследовательской работе, для развития их творческого потенциала следует по возможности избегать прямого руководства работой обучающихся при выполнении ими тех или иных заданий, чаще выступать в роли консультанта, эксперта.

Предпочтительным является представление обзоров в форме конференции.

Примерные темы обзоров

1. Современные достижения в области моделирования процессов пластического разрушения.
2. Успехи в области изучения физической усталости трещин.
3. Современные проблемы механики разрушения.
4. Современные методы и результаты нелинейной механики разрушения.
5. Достижения в области решения обратных задач механики разрушения.
6. Механика трещин в средах со структурой.
7. Проблемы контактного разрушения.
8. Проблемы прочности в биомеханике.

Примерные темы лабораторных работ

1. Растяжение пластины с круговым отверстием
2. Растяжение плоскости с эллиптическим отверстием
3. Простейшие задачи о напряженном состоянии упругого тела с трещиной. Метод комплексных потенциалов.
4. Напряжение в вершине трещины нормального отрыва в условиях плоского напряженного и плоского деформированного состояний в идеально пластическом материале
5. Влияние упрочнения. Задача о неподвижной трещине антиплоского сдвига в материале со степенным законом упрочнения.

6. Асимптотическое исследование полей напряжений и скоростей деформаций у вершины растущей трещины в условиях ползучести и стационарной трещины в нелинейно вязком теле.

При проведении лабораторных работ используются лицензионные математические пакеты Maple и Matlab, Comsol.

4.2 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Перечень вопросов, выносимых на экзамен

1. Теоретическая и реальная прочность твердых тел. Первая модель тела с трещиной (трещина Гриффитса).
2. Напряженное состояние у вершины полубесконечной трещины. Метод комплексных потенциалов. Коэффициенты интенсивности напряжений.
3. Методы расчетов коэффициентов интенсивности напряжений в упругих телах при различных условиях нагружения. Примеры.
4. Динамические задачи механики хрупкого разрушения. Локальное стационарное поле.
5. Динамические задачи механики хрупкого разрушения. Установившиеся колебания у вершины неподвижной трещины.
6. Силовой и энергетический критерии хрупкого разрушения. Их эквивалентность.
7. Устойчивость и неустойчивость роста трещин. Поток энергии в вершину трещины.
8. Концепция квазихрупкого разрушения. Поправка Ирвина на пластическую деформацию.
9. Распределение напряжений у вершины трещины в упругопластическом материале со степенным упрочнением.
10. Влияние физической нелинейности. Пластическая область в вершине трещины.
11. Накопление повреждений при разрушении. Параметр поврежденности (сплошности). Модель Качанова-Работнова.
12. Напряжения в окрестности вершины трещины нормального отрыва в условиях плоского напряженного и плоского деформированного состояния в идеально пластическом материале.
13. Асимптотическое исследование полей напряжений у вершины растущей трещины в условиях установившейся и неустановившейся ползучести.
14. Модель роста трещины в несвязанной постановке теории ползучести с поврежденностью.
15. Модели коррозионного растрескивания (диффузионная модель, феноменологическая модель).
16. Математическая модель коррозионного роста трещин. Пороговый коэффициент интенсивности напряжений
17. Многоцикловая и малоцикловая усталость. Рост трещин при циклическом нагружении.
18. Двухпараметрические критерии разрушения. Предел трещиностойкости материала.
19. Автомодельная задача о трещине антиплоского сдвига в среде с поврежденностью (связанная постановка задачи ползучести с поврежденностью).

20. Теоретические зависимости роста усталостных трещин. Усталостная долговечность.

Перечень компетенций (части компетенции), проверяемых оценочным средством

ОПК-1, ПК-4.

4.2 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Экзамен является заключительным этапом процесса формирования компетенции студента при изучении дисциплины или ее части и имеет целью проверку и оценку знаний студентов по теории и применению полученных знаний, умений и навыков при решении практических задач. Экзамены проводятся по расписанию, сформированному учебным отделом и утвержденному проректором по учебной работе, в сроки, предусмотренные календарным графиком учебного процесса. Расписание экзаменов доводится до сведения студентов не менее чем за две недели до начала экзаменационной сессии. Экзамены принимаются преподавателями, ведущими лекционные занятия. В отдельных случаях при большом количестве групп у одного лектора или при большой численности группы с разрешения заведующего кафедрой допускается привлечение в помощь основному лектору преподавателя, проводившего практические занятия в группах.

Экзамены проводятся в устной форме. Экзамен проводится только при предъявлении студентом зачетной книжки и при условии выполнения всех контрольных мероприятий, предусмотренных учебным планом и рабочей программой по изучаемой дисциплине. Студентам на экзамене предоставляется право выбрать один из билетов. Время подготовки к ответу составляет 60 минут. По истечении установленного времени студент должен ответить на вопросы экзаменационного билета. Результаты экзамена оцениваются по четырехбалльной системе («отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно») и заносятся в экзаменационную ведомость и зачетную книжку. В зачетную книжку заносятся только положительные оценки.

Критерии выставления оценок

Оценка «*отлично*»:

– систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам дисциплины, а также по основным вопросам, выходящим за пределы учебной программы;

– точное использование научной терминологии систематически грамотное и логически правильное изложение ответа на вопросы;

– безупречное владение инструментарием учебной дисциплины, умение его эффективно использовать в постановке и решении научных и практических задач;

– выраженная способность самостоятельно и творчески решать сложные проблемы и нестандартные ситуации;

– полное и глубокое усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой по дисциплине;

– умение ориентироваться в теориях, концепциях и направлениях дисциплины и давать им критическую оценку, используя научные достижения других дисциплин;

–творческая самостоятельная работа на практических занятиях, активное участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий;

– высокий уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций.

Оценка «*хорошо*»:

– достаточно полные и систематизированные знания по дисциплине;

– умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях дисциплины и давать им критическую оценку;

– использование научной терминологии, лингвистически и логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы;

– владение инструментарием по дисциплине, умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач;

– усвоение основной литературы, рекомендованной учебной программой по дисциплине;

– самостоятельная работа на практических занятиях, участие в групповых обсуждениях, средний уровень культуры исполнения заданий;

– средний уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций.

Оценка «*удовлетворительно*»:

– достаточный минимальный объем знаний по дисциплине;

– усвоение основной литературы, рекомендованной учебной программой;

– умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по дисциплине и давать им оценку;

– использование научной терминологии, стилистическое и логическое изложение ответа на вопросы, умение делать выводы без существенных ошибок;

– владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении типовых задач;

– умение под руководством преподавателя решать стандартные задачи;

– работа под руководством преподавателя на практических занятиях, допустимый уровень культуры исполнения заданий;

– достаточный минимальный уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций.

Оценка «*неудовлетворительно*»:

– фрагментарные знания по дисциплине;

– отказ от ответа;

– знание отдельных источников, рекомендованных учебной программой по дисциплине;

– неумение использовать научную терминологию;

– наличие грубых ошибок;

– низкий уровень культуры исполнения заданий;

–низкий уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций.

5. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

5.1 Основная литература:

1. А. Волков, Л.А. Игумнов. М.: Физматлит, 2017. 310 с. [Электронный ресурс]. - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=485546

2. Колесников Ю.В., Морозов Е.М. Механика контактного разрушения. М.: URSS, 2012. 224 с.
3. Партон, В.З. Механика разрушения: от теории к практике. М.: URSS: Изд-во ЛКИ, 2016. 239 с.
4. Потапова Л.Б. Механика материалов при сложном напряженном состоянии: Как прогнозируют предельные напряжения? / Л.Б. Потапова, В.П. Ярцев. Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. 244 с. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=278003.

Для освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья имеются издания в электронном виде в электронно-библиотечных системах.

5.2 Дополнительная литература:

1. Димитриенко, Ю.И. Нелинейная механика сплошной среды [Электронный ресурс] М.: Физматлит, 2009. 624 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/59577.
2. Ландау Л.Д. Теория упругости / Л.Д. Ландау, Е. М. Лифшиц.- М.: ФИЗМАТЛИТ , 2007. 259 с.
3. Степанова, Л.В. Математические методы механики разрушения. Москва: Физматлит, 2009. 336 с. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/59534.
4. Ханефт, А.В. Основы теории упругости. Теория упругости. Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2009. 100 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=232319.

5.3. Периодические издания:

1. Доклады АН РФ. ISSN 0869-5652.
2. Доклады АН высшей школы России. ISSN 1727-2769
3. Математическое моделирование. ISSN 0234-0879.

5.3. Интернет-ресурсы, в том числе современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Электронно-библиотечные системы (ЭБС):

1. ЭБС «ЮРАЙТ» https://urait.ru/
2. ЭБС «УНИВЕРСИТЕТСКАЯ БИБЛИОТЕКА ОНЛАЙН» www.biblioclub.ru
3. ЭБС «BOOK.ru» https://www.book.ru
4. ЭБС «ZNANIUM.COM» www.znanium.com
5. ЭБС «ЛАНЬ» https://e.lanbook.com

Профессиональные базы данных:

1. Scopus http://www.scopus.com/
2. Научная электронная библиотека (НЭБ) http://www.elibrary.ru/
3. Springer Materials http://materials.springer.com/
4. zbMath https://zbmath.org/

Ресурсы свободного доступа:

1. Мир математических уравнений EqWorld. http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library.htm
2. Физика, химия, математика. http://www.ph4s.ru/index.html
3. Journal of Mathematical Physics. Online ISSN 1089-7658. http://jmp.aip.org
4. Словари и энциклопедии http://dic.academic.ru/;

Собственные электронные образовательные и информационные ресурсы КубГУ:

1. Среда модульного динамического обучения http://moodle.kubsu.ru
2. База учебных планов, учебно-методических комплексов, публикаций и конференций http://mschool.kubsu.ru/

5.4 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Перечень информационных технологий

1. Проверка индивидуальных заданий и консультирование посредством электронной почты.
2. Использование электронных презентаций при проведении лекционных и лабораторных занятий.
3. Использование математических пакетов при выполнении индивидуальных заданий.

6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

По курсу предусмотрено проведение лекционных занятий, на которых дается основной систематизированный материал и лабораторных занятий, на которых студенты применяют полученные теоретические знания к решению конкретных задач. Уровень усвоения теоретического материала проверяется посредством опроса по основным вопросам темы и результатам выполнения индивидуальных и групповых лабораторных заданий.

Важнейшим этапом курса является самостоятельная работа по дисциплине.

Перечень вопросов для самоподготовки

1. Энергетический критерий разрушения.
2. Силовой критерий разрушения.
3. Устойчивость и неустойчивость роста трещин. Поток энергии в вершину трещины
4. Пластическая область в вершине трещины. Локализованная пластичность
5. Усталостная долговечность
6. Интегральный вариационный принцип теории трещин.
7. Концепция квазихрупкого разрушения.
8. Область применимости линейной механики разрушения.
9. Критерий осреднения напряжений у вершины трещины (критерий Новожилова) в статических и динамических задачах механики разрушения.
10. Экспериментальные методы определения вязкости разрушения (трещиностойкости) материала.
11. Предел трещиностойкости материала.
12. Диффузионная модель коррозионного роста трещин
13. Феноменологическая модель коррозионного роста трещин
14. Пороговый коэффициент интенсивности напряжений.
15. Рост трещин при циклическом нагружении. Эмпирическая формула Париса.

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная учебная работа (консультации) – дополнительное разъяснение учебного материала.

Индивидуальные консультации по предмету являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья.

6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

№	Вид работ	Материально-техническое обеспечение дисциплины и оснащенность
1.	Лекционные занятия	Лекционная аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук), соответствующим программным обеспечением, а также необходимой мебелью (доска, столы, стулья). (аудитории: 129, 131, 133, А305, А307).
2.	Лабораторные занятия	Компьютерный класс, укомплектованный компьютерами с лицензионным программным обеспечением, необходимой мебелью (доска, столы, стулья). (аудитории: 101, 102, 106, 106а, 105/1, 107(2), 107(3), 107(5), А301).
3.	Групповые (индивидуальные) консультации	Аудитория для семинарских занятий, групповых и индивидуальных консультаций, укомплектованные необходимой мебелью (доска, столы, стулья). (аудитории: 129, 131).
4.	Текущий контроль, промежуточная аттестация	Аудитория для семинарских занятий, текущего контроля и промежуточной аттестации, укомплектованная необходимой мебелью (доска, столы, стулья) (аудитории: 129, 131, 133, А305, А307, 147, 148, 149, 150, 100С, А301б, А512), компьютерами с лицензионным программным обеспечением и выходом в интернет (106, 106а, А301)
5.	Самостоятельная работа	Кабинет для самостоятельной работы, оснащенный компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», программой экранного увеличения, обеспеченный доступом в электронную информационно-образовательную среду университета, необходимой мебелью (доска, столы, стулья). (Аудитория 102а, читальный зал).

Примечание: Конкретизация аудиторий и их оснащение определяется ОПОП.