

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Институт математики и механики им. Н.И. Лобачевского



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной деятельности КФУ

Проф. Д.А. Таюрский

» _____ 20__ г.

подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины

Механика контактного взаимодействия и разрушения

Направление подготовки: 01.04.03 - Механика и математическое моделирование

Профиль подготовки: Механика твердого деформируемого тела

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2017

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
 - 4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)
 - 4.2. Содержание дисциплины (модуля)
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)
12. Средства адаптации преподавания дисциплины (модуля) к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья
13. Приложение №1. Фонд оценочных средств
14. Приложение №2. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
15. Приложение №3. Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Программу дисциплины разработал(а)(и) доцент, к.н. (с.н.с.) Кузнецов С.А. (Кафедра теоретической механики, отделение механики), skuznets@kpfu.ru

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль), должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОПК-2	способностью создавать и исследовать новые математические модели в естественных науках
ПК-4	способностью к применению методов математического и алгоритмического моделирования при решении теоретических и прикладных задач
ПК-5	способностью к творческому применению, развитию и реализации математически сложных алгоритмов в современных программных комплексах
ПК-6	способностью к собственному видению прикладного аспекта в строгих математических формулировках

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен демонстрировать способность и готовность:

- 1) знать основы механики контактного взаимодействия (теория Герца, функция Грина, учет обжатия при контакте тонкостенных элементов конструкций) и основы механики разрушения (теория Гриффитса - Орована - Ирвина, кривая Вёлера, формула Париса, критерий Леонова - Панасюка). Механика коррозионного разрушения. Кинетическая диаграмма разрушения, ее основные типы. Водородное охрупчивание, роль кислорода. Кинетика роста трещин в полимерных материалах.
- 2) обладать теоретическими знаниями о возможностях моделирования контактного взаимодействия упругих тел между собой и с жесткими телами (штампами) и о возможностях моделирования тел с трещинами, применении известных моделей к описанию поведения трещин при различных возмущающих воздействиях (силовом, температурном, коррозионном)
- 3) ориентироваться в постановке и методах решения различных контактных задач МТДТ и в постановке и методах решения различных задач механики разрушения.
- 4) приобрести навыки решения контактных задач МТДТ и навыки инженерного расчета элементов конструкций при квазихрупком разрушении, на усталостную долговечность при многоцикловой и малоцикловой усталости.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.ДВ.4 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 01.04.03 "Механика и математическое моделирование (Механика твердого деформируемого тела)" и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 1 курсе в 2 семестре.

3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных(ые) единиц(ы) на 144 часа(ов).

Контактная работа - 52 часа(ов), в том числе лекции - 20 часа(ов), практические занятия - 32 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 56 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 36 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен во 2 семестре.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)

N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Контактные задачи теории упругости. Введение. Плоская и пространственная контактные задачи.	2	4	4	0	8
2.	Тема 2. Контактные задачи теории пластин. Особенности постановки и решения контактных задач теории пластин и оболочек.	2	4	4	0	8
3.	Тема 3. Контактные задачи теории оболочек.	2	4	6	0	9
4.	Тема 4. Введение в механику разрушения. Модель тела с трещинами.	2	2	3	0	3
5.	Тема 5. Критерии разрушения. Расчет и измерение коэффициентов интенсивности напряжений.	2	2	3	0	6
6.	Тема 6. Нелинейная и циклическая механика разрушения	2	1	3	0	6
7.	Тема 7. Механика коррозионного разрушения	2	1	3	0	6
8.	Тема 8. Динамические и температурные задачи механики разрушения	2	1	3	0	6
9.	Тема 9. Как остановить трещину. Использование механики разрушения "в мирных целях".	2	1	3	0	4
	Итого		20	32	0	56

4.2 Содержание дисциплины (модуля)

Тема 1. Контактные задачи теории упругости. Введение. Плоская и пространственная контактные задачи.

Контактные задачи теории упругости. Введение. Что такое контактные задачи. Классификация задач теории упругости. Понятие о дельта-функции и ее свойствах. Функции Грина. Приведение смешанной краевой задачи к системе интегральных уравнений. Плоская контактная задача. Многочлены Чебышева. Решение плоской контактной задачи. Общий случай решения основного интегрального уравнения плоской контактной задачи. Пространственная осесимметричная контактная задача. Полиномы Лежандра. Решение пространственной контактной задачи.

Тема 2. Контактные задачи теории пластин. Особенности постановки и решения контактных задач теории пластин и оболочек.

Контактные задачи теории пластин. Особенности постановки и решения контактных задач теории пластин и оболочек. Одномерные контактные задачи для тонкостенных элементов. Метод решения. Контактная задача взаимодействия криволинейного штампа с пластиной. Действие плоского штампа на пластинку. Решение задачи методом сопряжения областей. Решение задачи для плоского штампа с помощью интегральных уравнений. Цилиндрический изгиб пластины при одностороннем контакте с жестким штампом.

Тема 3. Контактные задачи теории оболочек.

Контактные задачи теории оболочек. Контактная задача взаимодействия бесконечно длинной цилиндрической оболочки с жестким бандажом. Сжатие цилиндрической оболочки двумя жесткими штампами. Двумерные контактные задачи теории пластин. Построение функции влияния для неосесимметричной деформации круглой пластины. Контактная задача для круглой пластины при внецентренном положении штампа.

Тема 4. Введение в механику разрушения. Модель тела с трещинами.

Введение в механику разрушения. Что такое прочность и разрушение. Примеры катастрофических разрушений. Прочность и сопротивление разрушению - от интуитивных представлений к научным. Концентраторы напряжений. Эксперименты на "идеальных" материалах. А.А. Гриффитс. Дж. Ирвин. Модель тела с трещинами. Принцип микроскопа. Усталостное разрушение. Ползучесть.

Поля напряжений и смещений в окрестности края трещины в упругом теле. Виды трещин. Идеи Гриффитса.

Тема 5. Критерии разрушения. Расчет и измерение коэффициентов интенсивности напряжений.

Критерии разрушения. Концепция Гриффитса - Орована - Ирвина. Расчет и измерение коэффициентов интенсивности напряжений. Тарировочные коэффициенты. Таблицы коэффициентов интенсивностей напряжений. Экспериментальные методы: метод хрупких лаковых покрытий, метод фотоупругости, метод голографической интерферометрии.

Тема 6. Нелинейная и циклическая механика разрушения

dk-модель. Инвариантные интегралы Г.П. Черепанова и Дж.Р. Райса. Примеры инженерного расчета задач механики разрушения. Замедленное разрушение. Рост усталостных трещин. Кривая Вёлера. Формула Париса. Связь R-кривой с докритической диаграммой разрушения. Алгоритм и примеры инженерного расчета элементов конструкций на усталостную долговечность.

Тема 7. Механика коррозионного разрушения

Кинетическая диаграмма разрушения, ее основные типы. Влияние неблагоприятных факторов внешней среды на рост трещин и долговечность элементов конструкций. Законы диффузии атомарного водорода в металлы. Водородное охрупчивание, роль кислорода. Кинетика роста трещин в полимерных материалах. Критерий Леонова - Панасюка.

Тема 8. Динамические и температурные задачи механики разрушения

Динамические модификации критериев разрушения. Критерии старта, остановки и распространения трещины. Ветвление трещин. Статистические закономерности в динамической механике разрушения. Влияние температурных полей на поведение трещин. Температурное поле в окрестности вершины движущейся трещины. Эксперимент Бабушки. Тепловой удар по телу с трещиной.

Тема 9. Как остановить трещину. Использование механики разрушения "в мирных целях".

Конструктивные "ловушки". Ремонтные заплаты. Разгружающие отверстия. Предварительное нагружение сжимающими напряжениями. Торможение трещины на границе раздела сред. Конструктивные "ловушки". Ремонтные заплаты. Разгружающие отверстия. Предварительное нагружение сжимающими напряжениями. Торможение трещины на границе раздела сред.

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

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 5 апреля 2017 года №301)

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-996ин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений"

Устав федерального государственного автономного образовательного учреждения "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Правила внутреннего распорядка федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Локальные нормативные акты Казанского (Приволжского) федерального университета

6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) включает оценочные материалы, направленные на проверку освоения компетенций, в том числе знаний, умений и навыков. Фонд оценочных средств включает оценочные средства текущего контроля и оценочные средства промежуточной аттестации.

В фонде оценочных средств содержится следующая информация:

- соответствие компетенций планируемыми результатам обучения по дисциплине (модулю);
- критерии оценивания сформированности компетенций;
- механизм формирования оценки по дисциплине (модулю);
- описание порядка применения и процедуры оценивания для каждого оценочного средства;
- критерии оценивания для каждого оценочного средства;
- содержание оценочных средств, включая требования, предъявляемые к действиям обучающихся, демонстрируемым результатам, задания различных типов.

Фонд оценочных средств по дисциплине находится в Приложении 1 к программе дисциплины (модуля).

7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Освоение дисциплины (модуля) предполагает изучение основной и дополнительной учебной литературы. Литература может быть доступна обучающимся в одном из двух вариантов (либо в обоих из них):

- в электронном виде - через электронные библиотечные системы на основании заключенных КФУ договоров с правообладателями;

- в печатном виде - в Научной библиотеке им. Н.И. Лобачевского. Обучающиеся получают учебную литературу на абонементе по читательским билетам в соответствии с правилами пользования Научной библиотекой.

Электронные издания доступны дистанционно из любой точки при введении обучающимся своего логина и пароля от личного кабинета в системе "Электронный университет". При использовании печатных изданий библиотечный фонд должен быть укомплектован ими из расчета не менее 0,5 экземпляра (для обучающихся по ФГОС 3++ - не менее 0,25 экземпляра) каждого из изданий основной литературы и не менее 0,25 экземпляра дополнительной литературы на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих данную дисциплину.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля), находится в Приложении 2 к рабочей программе дисциплины. Он подлежит обновлению при изменении условий договоров КФУ с правообладателями электронных изданий и при изменении комплектования фондов Научной библиотеки КФУ.

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Библиотека Машиностроителя - <http://lib-bkm.ru/>

Библиотека строительства - <http://www.zodchii.ws/books/>

КнигаФонд - knigafund.ru

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	Ваше обучение должно начаться с внимательного ознакомления с программой курса, обязательными элементами которой являются: - перечень тем, подлежащих усвоению; - список учебных пособий и рекомендуемой литературы; - список контрольных вопросов Изучать данную учебную дисциплину следует, переходя от темы к теме, ничего не пропуская и не забегая вперед. Это обусловлено внутренней логикой науки, очевидным движением от простого к сложному.
практические занятия	Только так можно достичь полного понимания предмета, хорошей ориентации в специальной литературе, формирования навыков проведения тестирования. После внимательного прочтения основной литературы по теме попробуйте самостоятельно ответить на контрольные вопросы. Если это вызывает трудности, вернитесь к соответствующим главам или разделам учебника, займитесь поиском дополнительной литературы.
самостоятельная работа	Очень важно, чтобы не оставалось непонятых положений, поскольку 'пробелы' имеют обыкновение нарастать, как снежный ком. Помните, что в процессе освоения любой науки вам необходимо: - уяснить ее связь с другими отраслями знаний; - получить четкое представление об объекте исследования и предмете данной науки; - освоить основные достижения в данной области знаний; - представлять спектр нерешенных проблем и перспективных направлений их развития.

Вид работ	Методические рекомендации
экзамен	При подготовке к экзамену или зачёту прочитайте и вспомните всё содержание курса. Для поиска и проработки обширного круга дополнительных источников важно свободно ориентироваться в информационных потоках. Большую помощь, помимо библиотек, может оказать Internet. При изучении курса особое внимание необходимо обратить на классификацию и специфические особенности разных моделей. Для поиска и проработки обширного круга дополнительных источников важно свободно ориентироваться в информационных потоках. Большую помощь, помимо библиотек, может оказать Internet. При изучении курса особое внимание необходимо обратить на классификацию и специфические особенности разных моделей.

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем, представлен в Приложении 3 к рабочей программе дисциплины (модуля).

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине (модулю) включает в себя следующие компоненты:

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья) и оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КФУ.

Учебные аудитории для контактной работы с преподавателем, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья).

Компьютер и принтер для распечатки раздаточных материалов.

Мультимедийная аудитория.

Компьютерный класс.

12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:
- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;
- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 01.04.03 "Механика и математическое моделирование" и магистерской программе "Механика твердого деформируемого тела".

*Приложение 2
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.В.ДВ.4 Механика контактного взаимодействия и
разрушения*

Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Направление подготовки: 01.04.03 - Механика и математическое моделирование

Профиль подготовки: Механика твердого деформируемого тела

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2017

Основная литература:

Нигматулин, Роберт Искандерович. Механика сплошной среды, Кинематика. Динамика. Термодинамика. Статистическая динамика: учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 010701 'Фундаментальная механика и механика' и направлению подготовки 010800 'Механика и математическое моделирование' / Р. И. Нигматулин.-Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2014. - 639 с.

Сопrotивление материалов: Учебник / В.А. Волосухин, В.Б. Логвинов, С.И. Евтушенко. - 5-е изд. - М.: ИЦ РИОР: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 543 с.: 60x90 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат). (переплет) ISBN 978-5-369-01159-1, <http://znanium.com/bookread.php?book=390023>

Кузнецов С.А. Механика контактного взаимодействия / С.А. Кузнецов. - Казань: Казан. ун-т, 2014. - 72 с. http://dspace.kpfu.ru/xmlui/bitstream/handle/net/22061/05_037_A5-000899.pdf

Дополнительная литература:

Темам Р., Миранвиль А., Математическое моделирование в механике сплошных сред. - 3-е изд. - М.: Лаборатория знаний, 2017. - 319 с. <https://e.lanbook.com/book/94110>

Артюхин, Юрий Павлович. Строительная механика в пакетах 'MATHEMATICA' и 'ANSYS' : учебное пособие / Ю. П. Артюхин ; Казан. гос. ун-т .- Казань : Казанский государственный университет, 2009 .- 120 с.

Приложение 3
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.В.ДВ.4 Механика контактного взаимодействия и
разрушения

Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Направление подготовки: 01.04.03 - Механика и математическое моделирование

Профиль подготовки: Механика твердого деформируемого тела

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2017

Освоение дисциплины (модуля) предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows 7 Профессиональная или Windows XP (Volume License)

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 365 или Microsoft Office Professional plus 2010

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI или Adobe Acrobat Reader DC

Kaspersky Endpoint Security для Windows

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, учебно-методические комплексы, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.