

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



Программа дисциплины
Основы механики разрушения Б1.В.ОД.18

Направление подготовки: 15.03.03 - Прикладная механика

Профиль подготовки: Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Автор(ы):

Кузнецов С.А.

Рецензент(ы):

Бережной Д.В.

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий(ая) кафедрой: Султанов Л. У.

Протокол заседания кафедры No ____ от " ____ " _____ 201__ г

Учебно-методическая комиссия Института математики и механики им. Н.И. Лобачевского :

Протокол заседания УМК No ____ от " ____ " _____ 201__ г

Регистрационный No 81722916

Казань
2016

Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

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

1. Цели освоения дисциплины

Усвоение основных положений теории контактных задач механики деформируемого твердого тела, включающих приведение смешанной краевой задачи теории упругости к системе интегральных уравнений, постановку плоской контактной задачи теории упругости и ее решение, постановку пространственной осесимметричной контактной задачи теории упругости и ее решение, особенности постановки контактных задач теории пластин и оболочек и основных методов их решения. В курсе также излагаются основные положения механики разрушения, включающие теорию хрупкого и квазихрупкого разрушения, нелинейную механику разрушения, динамические и температурные задачи механики разрушения, длительную прочность конструкционных материалов, малоцикловую усталость, коррозионное разрушение.

2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел "Б1.В.ОД.18 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 15.03.03 Прикладная механика и относится к обязательные дисциплины. Осваивается на 4 курсе, 7 семестр.

Дисциплина относится к вариативной части профессионального цикла.

Дисциплина "Механика контактного взаимодействия и разрушения" является продолжением базовых профессиональных курсов, использует теоретические сведения, знания и навыки из цикла профессиональных дисциплин; даёт навыки постановки и решения задач о взаимодействии упругих тел друг с другом и с жесткими телами (штампами), знакомит с многообразием постановок и методов решения задач механики разрушения.

Дисциплина основывается на знаниях, полученных при освоении дисциплин: Математический анализ; Алгебра; Дифференциальные уравнения; Уравнения математической физики; Общая физика; Теоретическая и прикладная механика; Основы МСС.

Знания и навыки, полученные при изучении курса "Механика контактного взаимодействия и разрушения", используются студентами при выполнении курсовых и дипломных работ.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-1 (профессиональные компетенции)	быть способным выявлять сущность научно-технических проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат;
ПК-3 (профессиональные компетенции)	быть готовым выполнять расчетно-экспериментальные работы и решать научно-технические задачи в области прикладной механики на основе достижений техники и технологий, классических и технических теорий и методов, физико-механических, математических и компьютерных моделей, обладающих высокой степенью адекватности реальным процессам, машинам и конструкциям;

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-6 (профессиональные компетенции)	применять программные средства компьютерной графики и визуализации результатов научно-исследовательской деятельности, оформлять отчеты и презентации, готовить рефераты, доклады и статьи с помощью современных офисных информационных технологий, текстовых и графических редакторов, средств печати;
ПК-21 (профессиональные компетенции)	способность обеспечивать экологическую безопасность проектируемых устройств и их производства

В результате освоения дисциплины студент:

теоретическими знаниями о возможностях моделирования тел с трещинами, применении известных моделей к описанию поведения трещин при различных возмущающих воздействиях (силовом, температурном, коррозионном)

теоретическими знаниями о возможностях моделирования тел с трещинами, применении известных моделей к описанию поведения трещин при различных возмущающих воздействиях (силовом, температурном, коррозионном)

теоретическими знаниями о возможностях моделирования тел с трещинами, применении известных моделей к описанию поведения трещин при различных возмущающих воздействиях (силовом, температурном, коррозионном)

4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных(ые) единиц(ы) 108 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины экзамен в 7 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Модель тела с трещинами.	7	1	2	0	0	устный опрос

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
2.	Тема 2. Критерии разрушения. Концепция Гриффитса - Орована - Ирвина.	7	2	2	0	0	устный опрос
3.	Тема 3. Расчет и измерение коэффициентов интенсивности напряжений. Тарировочные коэффициенты. Экспериментальные методы.	7	3	2	0	0	устный опрос
4.	Тема 4. Нелинейная механика разрушения.	7	4	2	0	0	устный опрос
5.	Тема 5. Примеры инженерного расчета задач механики разрушения.	7	5	2	0	0	контрольная работа домашнее задание
6.	Тема 6. Замедленное разрушение. Алгоритм и примеры инженерного расчета элементов конструкций на усталостную долговечность	7	6	2	0	0	устный опрос
7.	Тема 7. Механика коррозионного разрушения.	7	7	2	0	0	устный опрос
8.	Тема 8. Динамическая механика разрушения.	7	8	2	0	0	устный опрос
9.	Тема 9. Температурные задачи механики разрушения.	7	9	1	0	0	устный опрос
10.	Тема 10. Как остановить трещину.	7	9	1	0	0	устный опрос
11.	Тема 11. Семинарские занятия по современным результатам в области механики разрушения (журнальные статьи за последние 2-3 года, найденные студентами самостоятельно)	7	10-18	0	36	0	презентация

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
	Тема . Итоговая форма контроля	7		0	0	0	экзамен
	Итого			18	36	0	

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Модель тела с трещинами.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

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

Тема 2. Критерии разрушения. Концепция Гриффитса - Орована - Ирвина.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Поля напряжений и смещений в окрестности края трещины в упругом теле. Виды трещин. Идеи Гриффитса. Критерии разрушения. Концепция Гриффитса - Орована - Ирвина.

Тема 3. Расчет и измерение коэффициентов интенсивности напряжений. Тарировочные коэффициенты. Экспериментальные методы.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Расчет и измерение коэффициентов интенсивности напряжений. Тарировочные коэффициенты. Экспериментальные методы.

Тема 4. Нелинейная механика разрушения.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Нелинейная механика разрушения. δK -модель. Инвариантные интегралы Г.П. Черепанова и Дж.Р. Райса.

Тема 5. Примеры инженерного расчета задач механики разрушения.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Методика и техника инженерного расчета задач механики разрушения.

Тема 6. Замедленное разрушение. Алгоритм и примеры инженерного расчета элементов конструкций на усталостную долговечность

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Замедленное разрушение. Рост усталостных трещин. Кривая Вёлера. Формула Париса. Разрушение при малоциклового усталости. Связь R-кривой с докритической диаграммой разрушения. Алгоритм и примеры инженерного расчета элементов конструкций на усталостную долговечность

Тема 7. Механика коррозионного разрушения.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Механика коррозионного разрушения. Кинетическая диаграмма разрушения, ее основные типы. Водородное охрупчивание, роль кислорода. Кинетика роста трещин в полимерных материалах. Критерий Леонова - Панасюка.

Тема 8. Динамическая механика разрушения.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Динамическая механика разрушения. Динамические модификации критериев разрушения. Критерии старта, остановки и распространения трещины. Ветвление трещин.

Тема 9. Температурные задачи механики разрушения.

лекционное занятие (1 часа(ов)):

Температурные задачи механики разрушения. Влияние температурных полей на поведение трещин. Температурное поле в окрестности вершины движущейся трещины. Тепловой удар по телу с трещиной.

Тема 10. Как остановить трещину.

лекционное занятие (1 часа(ов)):

Как остановить трещину. Конструктивные ?ловушки?. Ремонтные заплаты. Разгружающие отверстия. Предварительное нагружение сжимающими напряжениями. Торможение трещины на границе раздела сред. Использование механики разрушения "в мирных целях".

Тема 11. Семинарские занятия по современным результатам в области механики разрушения (журнальные статьи за последние 2-3 года, найденные студентами самостоятельно)

практическое занятие (36 часа(ов)):

Поиск статей по механике разрушения, подготовка доклада и презентации, выступление на семинаре

4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
1.	Тема 1. Модель тела с трещинами.	7	1	подготовка к устному опросу	1	устный опрос
2.	Тема 2. Критерии разрушения. Концепция Гриффитса - Орована - Ирвина.	7	2	подготовка к устному опросу	1	устный опрос
3.	Тема 3. Расчет и измерение коэффициентов интенсивности напряжений. Тарировочные коэффициенты. Экспериментальные методы.	7	3	подготовка к устному опросу	1	устный опрос
4.	Тема 4. Нелинейная механика разрушения.	7	4	подготовка к устному опросу	1	устный опрос
5.	Тема 5. Примеры инженерного расчета задач механики разрушения.	7	5	подготовка домашнего задания	1	домашнее задание
				подготовка к контрольной работе	1	контрольная работа
6.	Тема 6. Замедленное разрушение. Алгоритм и примеры инженерного расчета элементов конструкций на усталостную долговечность	7	6	подготовка к устному опросу	1	устный опрос

№	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
7.	Тема 7. Механика коррозионного разрушения.	7	7	подготовка к устному опросу	1	устный опрос
8.	Тема 8. Динамическая механика разрушения.	7	8	подготовка к устному опросу	1	устный опрос
9.	Тема 9. Температурные задачи механики разрушения.	7	9	подготовка к устному опросу	1	устный опрос
10.	Тема 10. Как остановить трещину.	7	9	подготовка к устному опросу	1	устный опрос
11.	Тема 11. Семинарские занятия по современным результатам в области механики разрушения (журнальные статьи за последние 2-3 года, найденные студентами самостоятельно)	7	10-18	подготовка к презентации	7	презентация
	Итого				18	

5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Активные и интерактивные формы, лекции, семинары, коллоквиумы, работа на компьютере, зачеты и экзамены.

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Тема 1. Модель тела с трещинами.

устный опрос , примерные вопросы:

Концентраторы напряжений. Эксперименты на "идеальных" материалах. Модель тела с трещинами. Принцип микроскопа. Виды трещин.

Тема 2. Критерии разрушения. Концепция Гриффитса - Орована - Ирвина.

устный опрос , примерные вопросы:

Эксперименты Гриффитса Силовой критерий Энергетический критерий

Тема 3. Расчет и измерение коэффициентов интенсивности напряжений. Тарировочные коэффициенты. Экспериментальные методы.

устный опрос , примерные вопросы:

Нормальный двухконсольный образец К-тарировка Фотоупругость Метод муаровых полос

Тема 4. Нелинейная механика разрушения.

устный опрос , примерные вопросы:

Линейная и нелинейная механика разрушения δk -модель. Пластическая зона у вершины трещины Инвариантные интегралы Г.П. Черепанова и Дж.Р. Райса.

Тема 5. Примеры инженерного расчета задач механики разрушения.

домашнее задание , примерные вопросы:

Расчёт пластины с трещиной Расчёт болта с трещиной Расчёт вала с трещиной

контрольная работа , примерные вопросы:

Вопросы к контрольной работе Расчёт пластины с центральной трещиной Расчёт трещиностойкости анкерного болта Расчёт долговечности вала с трещиной Расчёт пластины с краевой трещиной

Тема 6. Замедленное разрушение. Алгоритм и примеры инженерного расчета элементов конструкций на усталостную долговечность

устный опрос , примерные вопросы:

Рост усталостных трещин. Кривая Вёлера. Формула Париса. Разрушение при малоцикловой усталости. Связь R-кривой с докритической диаграммой разрушения.

Тема 7. Механика коррозионного разрушения.

устный опрос , примерные вопросы:

Кинетическая диаграмма разрушения, ее основные типы. Водородное охрупчивание, роль кислорода. Кинетика роста трещин в полимерных материалах. Критерий Леонова - Панасюка.

Тема 8. Динамическая механика разрушения.

устный опрос , примерные вопросы:

Динамические модификации критериев разрушения. Критерии старта, остановки и распространения трещины. Ветвление трещин.

Тема 9. Температурные задачи механики разрушения.

устный опрос , примерные вопросы:

Влияние температурных полей на поведение трещин. Температурное поле в окрестности вершины движущейся трещины. Тепловой удар по телу с трещиной.

Тема 10. Как остановить трещину.

устный опрос , примерные вопросы:

Конструктивные "ловушки". Ремонтные заплатки. Разгружающие отверстия. Предварительное нагружение сжимающими напряжениями. Торможение трещины на границе раздела сред. Использование механики разрушения "в мирных целях".

Тема 11. Семинарские занятия по современным результатам в области механики разрушения (журнальные статьи за последние 2-3 года, найденные студентами самостоятельно)

презентация , примерные вопросы:

Презентация по результатам самостоятельного поиска и анализа современных результатов по механике разрушения. Например, анализ причин и разрушения Саяно-Шушенской ГЭС, Чернобыльской АЭС, Басманного рынка, ...

Тема . Итоговая форма контроля

Примерные вопросы к экзамену:

Экзамены оцениваются по системе: неудовлетворительно, удовлетворительно, хорошо, отлично. На семинарских занятиях контроль осуществляется при выступлении у доски.

ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ

Концентраторы напряжений. Эксперименты на "идеальных" материалах.

Модель тела с трещинами. Принцип микроскопа.

Виды трещин.

Критерии разрушения. Концепция Гриффитса - Орована - Ирвина.

Расчет и измерение коэффициентов интенсивности напряжений.

Тарировочные коэффициенты.

Экспериментальные методы определения коэффициентов интенсивности напряжений.

Нелинейная механика разрушения. Дельта-к-модель.

Инвариантные интегралы Г.П. Черепанова и Дж.Р. Райса.

Замедленное разрушение. Рост усталостных трещин. Кривая Вёлера. Формула Париса. Разрушение при малоцикловой усталости. Связь R-кривой с докритической диаграммой разрушения.

Механика коррозионного разрушения. Кинетическая диаграмма разрушения, ее основные типы.

Водородное охрупчивание, роль кислорода.

Кинетика роста трещин в полимерных материалах. Критерий Леонова - Панасюка.

Динамические модификации критериев разрушения. Критерии старта, остановки и распространения трещины. Ветвление трещин.

Температурные задачи механики разрушения. Влияние температурных полей на поведение трещин.

Температурное поле в окрестности вершины движущейся трещины.

Тепловой удар по телу с трещиной.

Как остановить трещину. Конструктивные "ловушки". Ремонтные заплаты.

Как остановить трещину. Разгружающие отверстия. Предварительное нагружение сжимающими напряжениями.

Торможение трещины на границе раздела сред.

7.1. Основная литература:

Овчинников В. В. Металловедение: Учебник. - М.: ИД ФОРУМ: ИНФРА-М, 2011. - 320 с. <http://znanium.com/bookread.php?book=230730>

Варданян Г. С. Сопротивление материалов с основами теории упругости и пластичности: Учеб. - М.: ИНФРА-М, 2011. - 638 с. <http://znanium.com/bookread.php?book=256769>

Стрижиус В.Е. Методы расчета усталостной долговечности элементов авиаконструкций: справочное пособие. М.: Машиностроение, 2012. - 272 с. <http://e.lanbook.com/view/book/5797/>

7.2. Дополнительная 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.

Прикладная механика : учебник для академического бакалавриата : для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям подготовки и специальностям высшего профессионального образования в области техники и технологии / В. В. Джамай [и др.] ; под ред. В.В. Джамая ; Моск. авиац. ин-т - Нац. исслед. ун-т .- 2-е изд., испр. и доп. - Москва : Юрайт, 2015 .- 360 с.

Хажинский, Григорий Моисеевич.

Механика мелких трещин и надежность элементов трубопроводов / Г. М. Хажинский .- [Москва : ИНЭК, 2007] .- 233 с. :

Николаенко В.Л. Механика - М: Новое знание, 2011. - 636 с., <http://e.lanbook.com/view/book/2911>

Партон, Владимир Залманович (1936-2001) .

Механика упругопластического разрушения : основы механики разрушения : учебное пособие для студентов университетов и вузов / В.З. Партон, Е.М. Морозов ; предисл. акад. АН СССР Ю.Н. Работнова .- Изд. 3-е, испр. - Москва : URSS : Изд-во ЛКИ, 2008 .- 348, [1] с.

7.3. Интернет-ресурсы:

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

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

КнигаФонд - knigafund.ru

Либрус - <http://www.librus.ru/index.php>

Техническая литература - engeneqr.ru

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Основы механики разрушения" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен студентам. 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, УМК, 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 профессионального образования (ФГОС ВПО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен студентам. 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.

Учебные аудитории для проведения лекционных и семинарских занятий, компьютерное и проекционное оборудование и соответствующее программное обеспечение.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 15.03.03 "Прикладная механика" и профилю подготовки Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры.

Автор(ы):

Кузнецов С.А. _____

"__" _____ 201__ г.

Рецензент(ы):

Бережной Д.В. _____

"__" _____ 201__ г.