

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



УТВЕРЖДАЮ

Проректор
по образовательной деятельности КФУ
Проф. Минзарипов Р.Г.

_____ 20__ г.

Программа дисциплины

Механика контактного взаимодействия и разрушения М2.ДВ.5

Направление подготовки: 010800.68 - Механика и математическое моделирование

Профиль подготовки: Механика твердого деформируемого тела

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Автор(ы):

Кузнецов С.А.

Рецензент(ы):

-

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий(ая) кафедрой:

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

Казань
2013

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 " М2.ДВ.5 Профессиональный" основной образовательной программы 010800.68 Механика и математическое моделирование и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 1, 2 курсах, 2, 3 семестры.

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
ОК-6 (общекультурные компетенции)	стремиться к саморазвитию, повышению своей квалификации и мастерства
ОК-9 (общекультурные компетенции)	использовать основные положения и методы социальных, гуманитарных и экономических наук при решении социальных и профессиональных задач, быть способным анализировать социально значимые проблемы и процессы
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-2 (профессиональные компетенции)	применять физико-математический аппарат, теоретические, расчетные и экспериментальные методы исследований, методы математического и компьютерного моделирования в процессе профессиональной деятельности

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
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
ПК-5 (профессиональные компетенции)	составлять описания выполненных расчетно-экспериментальных работ и разрабатываемых проектов, обрабатывать и анализировать полученные результаты, готовить данные для составления отчетов и презентаций, написания докладов, статей и другой научно-технической документации

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен 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. должен уметь:

ориентироваться в постановке и методах решения различных контактных задач МТДТ и в постановке и методах решения различных задач механики разрушения

3. должен владеть:

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)

4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

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

Форма промежуточного контроля дисциплины отсутствует во 2 семестре; экзамен в 3 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. Контактные задачи теории упругости. Введение. Что такое контактные задачи. Классификация задач теории упругости. Понятие о Π -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.	2	1-5	10	0	0	

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. Контактные задачи теории пластин. Особенности постановки 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.	2	6-8	0	0	0	
3.	Тема 3. Контактные задачи теории оболочек. Контактная задача взаимодействия бесконечно длинной цилиндрической оболочки с жестким бандажом. Сжатие цилиндрической оболочки двумя жесткими штампами.	2	9	0	0	0	

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
4.	Тема 4. Двумерные контактные задачи теории пластин. Построение функции влияния для неосесимметричной деформации круглой пластины. Контактная задача для круглой пластины при внецентренном положении штампа.	2	10-11	0	0	0	
5.	Тема 5. Контактные задачи для пластин и оболочек с учетом абразивного изнашивания. Износ пластины в условиях цилиндрического изгиба. Разложение решения в степенной ряд. Износ пластины в условиях цилиндрического изгиба. Применение преобразования Лапласа. Осесимметричный износ круглой пластины, лежащей на упругом основании. Неосесимметричный износ круглой пластины при внецентренном положении штампа. Односторонний контакт прямоугольной пластины с жестким штампом при наличии износа. Износ цилиндрической оболочки, взаимодействующей с жесткой втулкой.	2	12-17	0	0	0	
6.	Тема 6. Введение. Что такое прочность и разрушение. Примеры катастрофических разрушений.	3		0	0	0	

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
7.	Тема 7. Прочность и сопротивление разрушению ? от интуитивных представлений к научным. Концентраторы напряжений. Эксперименты на ?идеальных? материалах. А.А. Гриффитс. Дж. Ирвин.	3		0	0	0	
8.	Тема 8. Модель тела с трещинами. Принцип микроскопа. Усталостное разрушение. Ползучесть.	3		0	0	0	
9.	Тема 9. Поля напряжений и смещений в окрестности края трещины в упругом теле. Виды трещин. Идеи Гриффитса.	3		0	0	0	
10.	Тема 10. Критерии разрушения. Концепция Гриффитса ? Орована ? Ирвина.	3		0	0	0	
11.	Тема 11. Расчет и измерение коэффициентов интенсивности напряжений. Тарировочные коэффициенты. Экспериментальные методы.	3		0	0	0	
12.	Тема 12. Нелинейная механика разрушения. δk-модель. Инвариантные интегралы Г.П. Черепанова и Дж.Р. Райса.	3		0	0	0	
13.	Тема 13. Примеры инженерного расчета задач механики разрушения.	3		0	0	0	

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
14.	Тема 14. Замедленное разрушение. Рост усталостных трещин. Кривая Вёлера. Формула Париса.	3		0	0	0	
15.	Тема 15. Разрушение при малоцикловой усталости. Связь R-кривой с докритической диаграммой разрушения. Алгоритм и примеры инженерного расчета элементов конструкций на усталостную долговечность	3		0	0	0	
16.	Тема 16. Механика коррозионного разрушения. Кинетическая диаграмма разрушения, ее основные типы. Водородное охрупчивание, роль кислорода. Кинетика роста трещин в полимерных материалах. Критерий Леонова ? Панасюка.	3		0	0	0	
17.	Тема 17. Динамическая механика разрушения. Динамические модификации критериев разрушения. Критерии старта, остановки и распространения трещины. Ветвление трещин.	3		0	0	0	

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
18.	Тема 18. Температурные задачи механики разрушения. Влияние температурных полей на поведение трещин. Температурное поле в окрестности вершины движущейся трещины. Тепловой удар по телу с трещиной.	3		0	0	0	
19.	Тема 19. Как остановить трещину. Конструктивные ?ловушки?. Ремонтные заплаты. Разгружающие отверстия. Предварительное нагружение сжимающими напряжениями. Торможение трещины на границе раздела сред.	3		0	0	0	
20.	Тема 20. Использование механики разрушения ?в мирных целях?.	3		0	0	0	
21.	Тема 21. Семинарские занятия по современным результатам в области механики разрушения (журнальные статьи за последние 2-3 года, найденные студентами самостоятельно)	3		0	0	0	
	Тема . Итоговая форма контроля	3		0	0	0	экзамен
	Итого			10	0	0	

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Контактные задачи теории упругости. Введение. Что такое контактные задачи. Классификация задач теории упругости. Понятие о σ -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.

лекционное занятие (10 часа(ов)):

Что такое контактные задачи. Классификация задач теории упругости. Понятие о \square -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 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. Контактная задача взаимодействия бесконечно длинной цилиндрической оболочки с жестким бандажом. Сжатие цилиндрической оболочки двумя жесткими штампами.

Тема 4. Двумерные контактные задачи теории пластин. Построение функции влияния для неосесимметричной деформации круглой пластины. Контактная задача для круглой пластины при внецентренном положении штампа.

Тема 5. Контактные задачи для пластин и оболочек с учетом абразивного изнашивания. Износ пластины в условиях цилиндрического изгиба. Разложение решения в степенной ряд. Износ пластины в условиях цилиндрического изгиба. Применение преобразования Лапласа. Осесимметричный износ круглой пластины, лежащей на упругом основании. Неосесимметричный износ круглой пластины при внецентренном положении штампа. Односторонний контакт прямоугольной пластины с жестким штампом при наличии износа. Износ цилиндрической оболочки, взаимодействующей с жесткой втулкой.

Тема 6. Введение. Что такое прочность и разрушение. Примеры катастрофических разрушений.

Тема 7. Прочность и сопротивление разрушению ? от интуитивных представлений к научным. Концентраторы напряжений. Эксперименты на ?идеальных? материалах. А.А. Гриффитс. Дж. Ирвин.

Тема 8. Модель тела с трещинами. Принцип микроскопа. Усталостное разрушение. Ползучесть.

Тема 9. Поля напряжений и смещений в окрестности края трещины в упругом теле. Виды трещин. Идеи Гриффитса.

Тема 10. Критерии разрушения. Концепция Гриффитса ? Орована ? Ирвина.

Тема 11. Расчет и измерение коэффициентов интенсивности напряжений. Тарировочные коэффициенты. Экспериментальные методы.

Тема 12. Нелинейная механика разрушения. δk -модель. Инвариантные интегралы Г.П. Черепанова и Дж.Р. Райса.

Тема 13. Примеры инженерного расчета задач механики разрушения.

Тема 14. Замедленное разрушение. Рост усталостных трещин. Кривая Вёлера. Формула Париса.

Тема 15. Разрушение при малоциклового усталости. Связь R-кривой с докритической диаграммой разрушения. Алгоритм и примеры инженерного расчета элементов конструкций на усталостную долговечность

Тема 16. Механика коррозионного разрушения. Кинетическая диаграмма разрушения, ее основные типы. Водородное охрупчивание, роль кислорода. Кинетика роста трещин в полимерных материалах. Критерий Леонова ? Панасюка.

Тема 17. Динамическая механика разрушения. Динамические модификации критериев разрушения. Критерии старта, остановки и распространения трещины. Ветвление трещин.

Тема 18. Температурные задачи механики разрушения. Влияние температурных полей на поведение трещин. Температурное поле в окрестности вершины движущейся трещины. Тепловой удар по телу с трещиной.

Тема 19. Как остановить трещину. Конструктивные ?ловушки?. Ремонтные заплаты. Разгружающие отверстия. Предварительное нагружение сжимающими напряжениями. Торможение трещины на границе раздела сред.

Тема 20. Использование механики разрушения ?в мирных целях?.

Тема 21. Семинарские занятия по современным результатам в области механики разрушения (журнальные статьи за последние 2-3 года, найденные студентами самостоятельно)

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. Контактные задачи теории упругости. Введение. Что такое контактные задачи. Классификация задач теории упругости. Понятие о Ψ -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 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. Контактная задача взаимодействия бесконечно длинной цилиндрической оболочки с жестким бандажом. Сжатие цилиндрической оболочки двумя жесткими штампами.

Тема 4. Двумерные контактные задачи теории пластин. Построение функции влияния для неосесимметричной деформации круглой пластины. Контактная задача для круглой пластины при внецентренном положении штампа.

Тема 5. Контактные задачи для пластин и оболочек с учетом абразивного изнашивания. Износ пластины в условиях цилиндрического изгиба. Разложение решения в степенной ряд. Износ пластины в условиях цилиндрического изгиба. Применение преобразования Лапласа. Осесимметричный износ круглой пластины, лежащей на упругом основании. Неосесимметричный износ круглой пластины при внецентренном положении штампа. Односторонний контакт прямоугольной пластины с жестким штампом при наличии износа. Износ цилиндрической оболочки, взаимодействующей с жесткой втулкой.

Тема 6. Введение. Что такое прочность и разрушение. Примеры катастрофических разрушений.

Тема 7. Прочность и сопротивление разрушению ? от интуитивных представлений к научным. Концентраторы напряжений. Эксперименты на ?идеальных? материалах. А.А. Гриффитс. Дж. Ирвин.

Тема 8. Модель тела с трещинами. Принцип микроскопа. Усталостное разрушение.

Ползучесть.

Тема 9. Поля напряжений и смещений в окрестности края трещины в упругом теле. Виды трещин. Идеи Гриффитса.

Тема 10. Критерии разрушения. Концепция Гриффитса ? Орована ? Ирвина.

Тема 11. Расчет и измерение коэффициентов интенсивности напряжений. Тарировочные коэффициенты. Экспериментальные методы.

Тема 12. Нелинейная механика разрушения. δk -модель. Инвариантные интегралы Г.П. Черепанова и Дж.Р. Райса.

Тема 13. Примеры инженерного расчета задач механики разрушения.

Тема 14. Замедленное разрушение. Рост усталостных трещин. Кривая Вёлера. Формула Париса.

Тема 15. Разрушение при малоцикловой усталости. Связь R-кривой с докритической диаграммой разрушения. Алгоритм и примеры инженерного расчета элементов конструкций на усталостную долговечность

Тема 16. Механика коррозионного разрушения. Кинетическая диаграмма разрушения, ее основные типы. Водородное охрупчивание, роль кислорода. Кинетика роста трещин в полимерных материалах. Критерий Леонова ? Панасюка.

Тема 17. Динамическая механика разрушения. Динамические модификации критериев разрушения. Критерии старта, остановки и распространения трещины. Ветвление трещин.

Тема 18. Температурные задачи механики разрушения. Влияние температурных полей на поведение трещин. Температурное поле в окрестности вершины движущейся трещины. Тепловой удар по телу с трещиной.

Тема 19. Как остановить трещину. Конструктивные ?ловушки?. Ремонтные заплаты. Разгружающие отверстия. Предварительное нагружение сжимающими напряжениями. Торможение трещины на границе раздела сред.

Тема 20. Использование механики разрушения ?в мирных целях?.

Тема 21. Семинарские занятия по современным результатам в области механики разрушения (журнальные статьи за последние 2-3 года, найденные студентами самостоятельно)

Тема . Итоговая форма контроля

Примерные вопросы к экзамену:

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

7.1. Основная литература:

1. Артюхин Ю.П. Контактные задачи для упругих элементов конструкций. - Казань: КХТИ им. С.М.Кирова, 1988. - 76 с.
2. Галин Л.А. Контактные задачи теории упругости и вязкоупругости. - М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1980. - 303 с.
3. Григолюк Э.И., Толкачев В.М. Контактные задачи теории пластин и оболочек. - М.: Машиностроение, 1980. - 411 с.
4. Броек Д. Основы механики разрушения. - М.: Высшая школа, 1980. - 368 с.
5. Партон В.З. Механика разрушения: От теории к практике. - М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1990. - 240 с.
6. Черепанов Г.П. Механика хрупкого разрушения. - М.: Наука, 1974. - 640 с.

7.2. Дополнительная литература:

1. Джонсон К. Механика контактного взаимодействия. - М.: Мир, 1989. - 509 с.
2. Партон В.З., Морозов Е.М. Механика упругопластического разрушения. - М.: Наука, 1985. - 504 с.

7.3. Интернет-ресурсы:

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Освоение дисциплины "Механика контактного взаимодействия и разрушения" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 010800.68 "Механика и математическое моделирование" и магистерской программе Механика твердого деформируемого тела .

Автор(ы):

Кузнецов С.А. _____

"__" _____ 201__ г.

Рецензент(ы):

"__" _____ 201__ г.