

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

Кафедра прочности летательных аппаратов

“УТВЕРЖДАЮ”

ДЕКАН ФЛА

д.т.н. Саленко С. Д.

“ ____ ” _____ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Механика контактного взаимодействия и разрушения

Образовательная программа: 15.04.03 Прикладная механика, магистерская программа: Динамика и прочность машин

Курс: 1 2, семестры : 2 3

Факультет летательных аппаратов,

		Семестр	
№	Вид деятельности	2	3
1	Всего зачетных единиц (кредитов)	2	2
2	Всего часов	72	72
3	Всего занятий в контактной форме, час.	59	42
4	Лекции, час.	18	0
5	Практические занятия, час.	18	36
6	Лабораторные занятия, час.	18	0
7	из них в активной и интерактивной форме, час.	0	0
8	Аттестация, час.	2	2
9	Консультации, час.	3	4
10	Самостоятельная работа, час.	13	30
11	Виды самостоятельной работы (курсовой проект, курсовая работа, РГЗ, подготовка к контрольной работе)	РГЗ	КР
12	Вид аттестации	ДЗ	3

Рабочая программа составлена на основании федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению (специальности): 15.04.03 Прикладная механика

ФГОС введен в действие приказом №1490 от 21.11.2014 г. , дата утверждения: 16.12.2014 г.

Место дисциплины в структуре учебного плана: Блок 1, вариативная

Рабочая программа разработана на основе компетентностной модели выпускника по направлению (специальности): 15.04.03 Прикладная механика

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

ПЛА, протокол заседания кафедры №5/1 от 20.06.2017

Утверждена на совете факультета летательных аппаратов, протокол № 5 от 21.06.2017

Программу разработал:

профессор, д.т.н. Леган М. А.

Заведующий кафедрой:

профессор, д.т.н. Пустовой Н. В.

Ответственный за образовательную программу:

профессор Левин В. Е.

1. Внешние требования

Таблица 1.1

Компетенция ФГОС: ПК.1 способность выявлять сущность научно-технических проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат, вычислительные методы и компьютерные технологии; в части следующих результатов обучения:	
у2. уметь ориентироваться в вопросах постановки новых задач динамики и прочности конструкций	
Компетенция ФГОС: ПК.2 способность применять физико-математический аппарат, теоретические, расчетные и экспериментальные методы исследований, методы математического и компьютерного моделирования в процессе профессиональной деятельности; в части следующих результатов обучения:	
з14. знать основные соотношения механики сплошных сред	
з18. иметь представление о современном состоянии науки в области динамики и прочности машин	
з8. знать основные положения механики контактного взаимодействия и разрушения	
у2. уметь применять основные положения механики контактного взаимодействия и разрушения при решении задач	
у4. владеть современными методами механики деформируемого твердого тела, механики контактного взаимодействия и вычислительной механики	
Компетенция ФГОС: ПК.3 способность критически анализировать современные проблемы прикладной механики с учетом потребностей промышленности, современных достижений науки и мировых тенденций развития техники и технологий, ставить задачи и разрабатывать программу исследования, выбирать адекватные способы и методы решения теоретических, прикладных и экспериментальных задач, анализировать, интерпретировать, представлять и применять полученные результаты; в части следующих результатов обучения:	
з5. знать основные уравнения и методы теорий пластичности и ползучести, механики контактного взаимодействия	
Компетенция ФГОС: ПК.5 способность самостоятельно выполнять научные исследования в области прикладной механики для различных отраслей промышленности, топливно-энергетического комплекса, транспорта и строительства, решать сложные научно-технические задачи, которые для своего изучения требуют разработки и применения математических и компьютерных моделей, применения программных систем мультидисциплинарного анализа (CAE-систем мирового уровня; в части следующих результатов обучения:	
у3. уметь определять повреждающие факторы при проектировании элементов конструкций, машин и аппаратуры	
Компетенция ФГОС: ПК.6 способность самостоятельно овладевать современными языками программирования и разрабатывать оригинальные пакеты прикладных программ и проводить с их помощью расчеты машин и приборов на динамику и прочность, устойчивость, надежность, трение и износ для специализированных задач прикладной механики; в части следующих результатов обучения:	
у1. уметь решать задачи механики деформируемого твердого тела и механики контактного взаимодействия с применением программных систем компьютерного моделирования и компьютерного инжиниринга	

2. Требования НГТУ к результатам освоения дисциплины

Таблица 2.1

Результаты изучения дисциплины по уровням освоения (иметь представление, знать, уметь, владеть)	Формы организации занятий
<i>Механика контактного взаимодействия и разрушения</i>	
ПК.1.у2 уметь ориентироваться в вопросах постановки новых задач динамики и прочности конструкций	
1. уметь ориентироваться в вопросах постановки новых задач прочности конструкций	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
ПК.2.з14 знать основные соотношения механики сплошных сред	
2. знать основные соотношения механики сплошных сред	Лекции; Самостоятельная работа

ПК.2.318 иметь представление о современном состоянии науки в области динамики и прочности машин	
3.иметь представление о современном состоянии науки в области прочности машин	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
ПК.2.38 знать основные положения механики контактного взаимодействия и разрушения	
4.знать основные положения механики контактного взаимодействия и разрушения	Лекции; Самостоятельная работа
ПК.2.y2 уметь применять основные положения механики контактного взаимодействия и разрушения при решении задач	
5.уметь применять основные положения механики контактного взаимодействия и разрушения при решении задач	Лекции; Самостоятельная работа
ПК.2.y4 владеть современными методами механики деформируемого твердого тела, механики контактного взаимодействия и вычислительной механики	
6.владеть современными методами механики деформируемого твердого тела, механики контактного взаимодействия и вычислительной механики	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
ПК.3.35 знать основные уравнения и методы теорий пластичности и ползучести, механики контактного взаимодействия	
7.знать основные уравнения и методы теорий пластичности и ползучести, механики контактного взаимодействия	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
ПК.5.y3 уметь определять повреждающие факторы при проектировании элементов конструкций, машин и аппаратуры	
8.уметь определять повреждающие факторы при проектировании элементов конструкций, машин и аппаратуры	Лекции; Самостоятельная работа
ПК.6.y1 уметь решать задачи механики деформируемого твердого тела и механики контактного взаимодействия с применением программных систем компьютерного моделирования и компьютерного инжиниринга	
9.уметь решать задачи механики деформируемого твердого тела и механики контактного взаимодействия с применением программных систем компьютерного моделирования и компьютерного инжиниринга	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа

3. Содержание и структура учебной дисциплины

Таблица 3.1

Темы лекций	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения
Семестр: 2			
Дидактическая единица: Напряженное состояние при упругом контактировании твердых тел.			
1. Перемещения и силы в зоне контакта.	0	2	6
2. Нагружение упругого полупространства по прямой линии.	0	2	2, 6
3. Действие сосредоточенных нагрузок на упругое полупространство.	0	2	2, 6
4. Нормальный контакт упругих тел по теории Герца.	0	2	6, 9
Дидактическая единица: Применение основных идей механики разрушения к контактными задачам.			
5. Поверхностная энергия твёрдого тела. Теория Гриффитса. Поля напряжений в окрестности вершин трещин.	0	2	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9

6. Коэффициенты интенсивности напряжений и их критические значения. Условие нормального отрыва и другие критерии разрушения.	0	2	1, 9
7. Возникновение поверхностных и подповерхностных трещин.	0	2	8
Дидактическая единица: Применение нелокальных критериев разрушения к контактными задачам.			
8. Формулировки нелокальных критериев разрушения: критерия средних напряжений, критерия Нуизмера и градиентного критерия.	0	2	3
9. Применение нелокальных критериев разрушения к задаче о вдавливании шара в упругое полупространство.	0	2	3, 7, 9

Таблица 3.2

Темы лабораторных работ	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 2				
Дидактическая единица: Напряженное состояние при упругом контактировании твердых тел.				
1. Определение напряженно-деформированного состояния стеклянного полупространства при вдавливании в него стального шарика.	0	4	6	Определение напряженно-деформированного состояния стеклянного полупространства при вдавливании в него стального шарика с использованием решения Хубера и упругих характеристик стали и стекла. Применение метода конечных элементов для решения указанной тестовой задачи. Сравнение численного решения с аналитическим.
2. Определение полей напряжений при вдавливании стального шарика в стеклянный образец, лежащий на плоскости с круговым отверстием.	0	4	6	Применение метода конечных элементов для определения полей напряжений при вдавливании стального шарика в стеклянный образец, лежащий на плоскости с круговым отверстием. Сравнение с решением Хубера для стеклянного полупространства. Оценка изгибных напряжений.
Дидактическая единица: Применение нелокальных критериев разрушения к контактными задачам.				
3. Применение интегрального критерия разрушения к задаче о вдавливании шара в упругое полупространство.	0	4	9	Применение интегрального критерия разрушения к задаче о вдавливании шара в упругое полупространство. Получение оценок предельной силы и радиуса кольцеобразной трещины при вдавливании стального шара в стекло.

4. Применение критерия разрушения Нуизмера к задаче о вдавливании шара в упругое полупространство.	0	2	9	Применение критерия разрушения Нуизмера к задаче о вдавливании шара в упругое полупространство. Получение оценок предельной силы и радиуса кольцеобразной трещины при вдавливании стального шара в стекло.
5. Применение градиентного критерия разрушения к задаче о вдавливании шара в упругое полупространство.	0	4	9	Применение градиентного критерия разрушения к задаче о вдавливании шара в упругое полупространство. Получение оценок предельной силы и радиуса кольцеобразной трещины при вдавливании стального шара в стекло.

Таблица 3.3

Темы практических занятий	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 2				
Дидактическая единица: Напряженное состояние при упругом контактировании твердых тел.				
1. Система отсчета. Относительное движение поверхностей - скольжение, качение и верчение. Усилия, передаваемые через точку контакта. Поверхностные усилия.	0	2	6	Рассмотрение примеров относительного движения поверхностей и поверхностных усилий, передаваемых через точку контакта.
2. Действие сосредоточенной нормальной силы и сосредоточенной касательной силы на упругое полупространство.	0	2	6	Решение задачи Фламана и задачи о действии сосредоточенной погонной касательной силы на границе полупространства.
3. Распределенные нормальные и касательные усилия. Равномерное распределение усилий.	0	2	6	Получение формул для напряжений при действии распределенных нормальных и касательных усилий. Конкретизация формул для напряжений при действии равномерных распределенных усилий.
4. Потенциалы Буссинеска и Черрути. Сосредоточенная нормальная сила.	0	2	6	Определение потенциалов Буссинеска и Черрути. Решение задачи о действии сосредоточенной нормальной силы на границе полупространства.
5. Давление, приложенное по круговой области: равномерное давление, осадка.	0	2	6	Решение задач о действии давления, приложенного по круговой области. Случаи равномерного давления и осадки.
6. Давление Герца, приложенное по круговой области.	0	2	6	Решение задачи о действии давления Герца, приложенного по круговой области.

7. Геометрия контактирующих гладких поверхностей несогласованной формы. Упругий контакт Герца.	0	2	6	Рассмотрение геометрии контактирующих гладких поверхностей несогласованной формы. Условия упругого контакта Герца.
8. Контактное взаимодействие тел вращения.	0	2	6	Рассмотрение контактного взаимодействия тел вращения. Определение радиуса круговой области контакта.
9. Контакт цилиндрических тел в условиях плоской задачи.	0	2	6	Рассмотрение контакта цилиндрических тел в условиях плоской задачи. Определение ширины области контакта.
Семестр: 3				
Дидактическая единица: Применение основных идей механики разрушения к контактнм задачам.				
10. Энергетическое условие устойчивости равновесной трещины.	0	2	1, 3	Понятие поверхностной энергии твёрдого тела. Рассмотрение теории Гриффитса. Формулировка энергетического условия устойчивости равновесной трещины. Условие распространения трещины.
11. Особенности подхода к проблеме разрушения при контактном взаимодействии.	0	2	7	Поля напряжений в окрестности области контакта упругих тел. Характерные особенности разрушения при контактном взаимодействии.
12. Неразрушающие методы дефектоскопии.	0	2	3	Неразрушающие методы дефектоскопии: оптический, радиационные (рентгеновский и др.), электромагнитный, ультразвуковой, акустической эмиссии, тепловизионный и др.
13. Модели и условия зарождения поверхностных и подповерхностных трещин.	0	4	9	Анализ возникновения поверхностных и подповерхностных трещин при многократном контакте упругих тел.
14. Рост трещин при упругом контактном взаимодействии.	0	2	9	Рассмотрение моделей роста трещин при упругом контактном взаимодействии.
15. Критерии разрушения в теории трещин.	0	4	9	Формулировки критериев разрушения в теории трещин.
16. Экспериментальные закономерности возникновения трещин при контактном взаимодействии.	0	4	3	Анализ экспериментальных закономерностей возникновения трещин при контактном взаимодействии.
Дидактическая единица: Применение нелокальных критериев разрушения к контактнм задачам.				

17. Применение критерия средних напряжений к задачам о разрушении в области контакта.	0	4	9	Применение критерия средних напряжений к задачам о разрушении в области контакта. Получение оценок предельной нагрузки и размеров трещин.
18. Применение нелокального критерия разрушения по напряжениям в удаленной точке к контактными задачам.	0	4	9	Применение нелокального критерия разрушения по напряжениям в удаленной точке к контактными задачам. Получение оценок предельной нагрузки и размеров трещин.
19. Применение градиентного критерия разрушения в зоне контактных напряжений.	0	4	9	Применение градиентного критерия разрушения в зоне контактных напряжений. Получение оценок предельной нагрузки и размеров трещин.
20. Сравнение теоретических оценок предельных нагрузок при возникновении трещин и их размеров, полученных по различным критериям, с экспериментальными данными по разрушению в окрестности контакта.	0	4	3	Сравнение теоретических оценок предельных нагрузок при возникновении трещин и их размеров, полученных по различным критериям, с экспериментальными данными по разрушению стекла в окрестности контакта со стальным шаром.

4. Самостоятельная работа обучающегося

№	Виды самостоятельной работы	Ссылки на результаты обучения	Часы на выполнение	Часы на консультации
Семестр: 2				
1	РГЗ	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	10	3
: Вычислительная механика : методические указания и варианты исходных данных к лабораторным работам и расчетно-графическим заданиям для 3 курса ФЛА направления 150300 / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: И. П. Олегин, М. А. Леган, Ю. Б. Нигирич]. - Новосибирск, 2010. - 38, [2] с. : граф., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000134365				
2	Подготовка к аттестации	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	3	0
: Вычислительная механика : методические указания и варианты исходных данных к лабораторным работам и расчетно-графическим заданиям для 3 курса ФЛА направления 150300 / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: И. П. Олегин, М. А. Леган, Ю. Б. Нигирич]. - Новосибирск, 2010. - 38, [2] с. : граф., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000134365				
Семестр: 3				
1	Курсовая работа	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	25	4
: Вычислительная механика : методические указания и варианты исходных данных к лабораторным работам и расчетно-графическим заданиям для 3 курса ФЛА направления 150300 / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: И. П. Олегин, М. А. Леган, Ю. Б. Нигирич]. - Новосибирск, 2010. - 38, [2] с. : граф., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000134365				
2	Подготовка к аттестации	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	5	0
: Вычислительная механика : методические указания и варианты исходных данных к лабораторным работам и расчетно-графическим заданиям для 3 курса ФЛА направления 150300 / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: И. П. Олегин, М. А. Леган, Ю. Б. Нигирич]. - Новосибирск, 2010. - 38, [2] с. : граф., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000134365				

5. Технология обучения

Для организации и контроля самостоятельной работы обучающихся, а также проведения консультаций применяются информационно-коммуникационные технологии (табл. 5.1).

Таблица 5.1

Деятельность	Информационно-коммуникационные технологии
Информирование	e-mail; Портал НГТУ
Консультирование	e-mail; Портал НГТУ
Контроль	e-mail; Портал НГТУ
Размещение учебных материалов	e-mail; Портал НГТУ; ЭБС

6. Правила аттестации обучающихся по учебной дисциплине

Для аттестации обучающихся по дисциплине используется балльно-рейтинговая система (БРС), позволяющая выставять оценки по традиционной шкале и 15-уровневой ECTS. Краткая информация о БРС приведена в табл. 6.1.

Таблица 6.1

Оцениваемые виды деятельности обучающихся	Мин. балл	Максимальный балл
Семестр: 2		
<i>Лекция:</i>	5	10
<i>Лабораторная:</i>	10	20
<i>Практические занятия:</i>	5	10
<i>РГЗ:</i>	20	40
Контролирующие материалы приводятся в "Вычислительная механика : методические указания и варианты исходных данных к лабораторным работам и расчетно-графическим заданиям для 3 курса ФЛА направления 150300 / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: И. П. Олегин, М. А. Леган, Ю. Б. Нигирич]. - Новосибирск, 2010. - 38, [2] с. : граф., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000134365 "		
<i>Зачет:</i>	10	20
Контролирующие материалы - список вопросов		
Семестр: 3		
<i>Практические занятия:</i>	5	10
<i>Курсовая работа: Итого</i>	0	70
Контролирующие материалы приводятся в "Вычислительная механика : методические указания и варианты исходных данных к лабораторным работам и расчетно-графическим заданиям для 3 курса ФЛА направления 150300 / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: И. П. Олегин, М. А. Леган, Ю. Б. Нигирич]. - Новосибирск, 2010. - 38, [2] с. : граф., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000134365 "		
<i>Зачет:</i>	10	20
Контролирующие материалы - список вопросов		

В таблице 6.2 представлено соответствие форм контроля заявляемым требованиям к результатам освоения дисциплины.

Таблица 6.2

Коды компетенций ФГОС	Результаты обучения	Формы контроля		
		Защита РГЗ	Защита КП/КР	Зачет
ПК.1	у2. уметь ориентироваться в вопросах постановки новых задач динамики и прочности конструкций			+
ПК.2	з14. знать основные соотношения механики сплошных сред			+

	з18. иметь представление о современном состоянии науки в области динамики и прочности машин			+
	з8. знать основные положения механики контактного взаимодействия и разрушения			+
	у2. уметь применять основные положения механики контактного взаимодействия и разрушения при решении задач	+	+	+
	у4. владеть современными методами механики деформируемого твердого тела, механики контактного взаимодействия и вычислительной механики			+
ПК.3	з5. знать основные уравнения и методы теорий пластичности и ползучести, механики контактного взаимодействия			+
ПК.5	у3. уметь определять повреждающие факторы при проектировании элементов конструкций, машин и аппаратуры	+	+	+
ПК.6	у1. уметь решать задачи механики деформируемого твердого тела и механики контактного взаимодействия с применением программных систем компьютерного моделирования и компьютерного инжиниринга	+	+	+

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в приложении № 1 к рабочей программе.

7. Литература

Основная литература

1. Джонсон К. Механика контактного взаимодействия : [монография] / К. Джонсон ; пер. с англ. В. Э. Наумова и А. А. Спектора, под ред. Р. В. Гольдштейна. - М., 1989. - 509 с. : табл., граф., схемы
2. Пестриков В. М. Механика разрушения на базе компьютерных технологий : практикум / Виктор Пестриков, Евгений Морозов. - СПб., 2007. - 452 с. : ил.
3. Пестриков В. М. Механика разрушения : курс лекций / В. М. Пестриков, Е. М. Морозов. - Санкт-Петербург, 2012. - 550, [1] с. : ил., табл., фот.. - Парал. тит. л. англ..
4. ВИНТИ: Всероссийский институт научной и технической информации [Электронный ресурс] : база данных. - [Россия], 1981. - Режим доступа: <http://www2.viniti.ru/>. - Загл. с экрана.

Дополнительная литература

1. Механика и физика контактного взаимодействия : [сборник статей] / Калинин. политехн. ин-т ; [редкол. : Н. Б. Демкин (отв. ред.) и др.]. - Калинин, 1980. - 147, [1] с. : схемы
2. Колесников Ю. В. Механика контактного разрушения / Ю. В. Колесников, Е. М. Морозов. - Москва, 1989. - 219, [1] с. : ил.
3. Солнцев С. С. Разрушение стекла / С. С. Солнцев, Е. М. Морозов. - М., 1978. - 151, [1] с. : ил., схемы, табл.

Интернет-ресурсы

1. ЭБС НГТУ : <http://elibrary.nstu.ru/>
2. ЭБС «Издательство Лань» : <https://e.lanbook.com/>
3. ЭБС IPRbooks : <http://www.iprbookshop.ru/>
4. ЭБС "Znaniy.com" : <http://znaniy.com/>
5. :

8. Методическое и программное обеспечение

8.1 Методическое обеспечение

1. Вычислительная механика : методические указания и варианты исходных данных к лабораторным работам и расчетно-графическим заданиям для 3 курса ФЛА направления 150300 / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: И. П. Олегин, М. А. Леган, Ю. Б. Нигирич]. - Новосибирск, 2010. - 38, [2] с. : граф., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000134365

8.2 Специализированное программное обеспечение

1 Microsoft Office

2 Microsoft Windows

9. Материально-техническое обеспечение

Компьютерный класс

№	Наименование	Назначение
1	Презентационное оборудование (мультимедиа-проектор, экран, компьютер для управления)	Чтение лекций
2	Компьютерный класс (Компьютеры объединены в локальную сеть с выходом в Internet)	Самостоятельная подготовка

1. Обобщенная структура фонда оценочных средств учебной дисциплины

Обобщенная структура фонда оценочных средств по дисциплине «Механика контактного взаимодействия и разрушения» приведена в Таблице.

Таблица

Формируемые компетенции	Показатели сформированности компетенций (знания, умения, навыки)	Темы	Этапы оценки компетенций	
			Мероприятия текущего контроля (курсовой проект, РГЗ(Р) и др.)	Промежуточная аттестация (экзамен, зачет)
ПК.1/НИиРЭ способность выявлять сущность научно-технических проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат, вычислительные методы и компьютерные технологии	у2. уметь ориентироваться в вопросах постановки новых задач динамики и прочности конструкций	Коэффициенты интенсивности напряжений и их критические значения. Условие нормального отрыва и другие критерии разрушения. Поверхностная энергия твёрдого тела. Теория Гриффитса. Поля напряжений в окрестности вершин трещин.		Зачет 2 сем., вопросы 1-18. Зачет 3 сем., вопросы 1-14
ПК.2/НИиРЭ способность применять физико-математический аппарат, теоретические, расчетные и экспериментальные методы исследований, методы математического и компьютерного моделирования в процессе профессиональной деятельности	з8. знать основные положения механики контактного взаимодействия и разрушения	Поверхностная энергия твёрдого тела. Теория Гриффитса. Поля напряжений в окрестности вершин трещин.		Зачет 2 сем., вопросы 1-18. Зачет 3 сем., вопросы 1-14
ПК.2/НИиРЭ	з14. знать основные соотношения механики сплошных сред	Действие сосредоточенных нагрузок на упругое полупространство. Нагружение упругого полупространства по прямой линии.		Зачет 2 сем., вопросы 1-18. Зачет 3 сем., вопросы 1-14
ПК.2/НИиРЭ	з18. иметь представление о современном состоянии науки в области динамики и прочности машин	Применение нелокальных критериев разрушения к задаче о вдавливании шара в упругое полупространство. Формулировки нелокальных критериев разрушения: критерия средних напряжений, критерия Нуизмера и градиентного критерия.		Зачет 2 сем., вопросы 1-18. Зачет 3 сем., вопросы 1-14

ПК.2/НИиРЭ	у2. уметь применять основные положения механики контактного взаимодействия и разрушения при решении задач	Поверхностная энергия твёрдого тела. Теория Гриффитса. Поля напряжений в окрестности вершин трещин.	Курсовая работа 3 сем., «Разрушение в зоне контактных напряжений» РГЗ 2 сем., «Определение предельной величины сосредоточенной силы с помощью различных критериев разрушения»	Зачет 2 сем., вопросы 1-18. Зачет 3 сем., вопросы 1-14
ПК.2/НИиРЭ	у4. владеть современными методами механики деформируемого твердого тела, механики контактного взаимодействия и вычислительной механики	Геометрия контактирующих гладких поверхностей несогласованной формы. Упругий контакт Герца. Давление Герца, приложенное по круговой области. Давление, приложенное по круговой области: равномерное давление, осадка. Действие сосредоточенной нормальной силы и сосредоточенной касательной силы на упругое полупространство. Действие сосредоточенных нагрузок на упругое полупространство. Контакт цилиндрических тел в условиях плоской задачи. Контактное взаимодействие тел вращения. Нагружение упругого полупространства по прямой линии. Нормальный контакт упругих тел по теории Герца. Определение напряженно-деформированного состояния стеклянного полупространства при вдавливании в него стального шарика. Определение полей напряжений при вдавливании стального шарика в стеклянный образец, лежащий на плоскости с круговым отверстием. Перемещения и силы в зоне контакта. Потенциалы Буссинеска и Черрути. Сосредоточенная нормальная сила. Распределенные нормальные и касательные усилия. Равномерное распределение усилий. Система отсчета. Относительное движение поверхностей - скольжение, качение и верчение. Усилия, передаваемые через точку контакта. Поверхностные усилия.		Зачет 2 сем., вопросы 1-18. Зачет 3 сем., вопросы 1-14

ПК.3/НИиРЭ способность критически анализировать современные проблемы прикладной механики с учетом потребностей промышленности, современных достижений науки и мировых тенденций развития техники и технологий, ставить задачи и разрабатывать программу исследования, выбирать адекватные способы и методы решения теоретических, прикладных и экспериментальных задач, анализировать, интерпретировать, представлять и применять полученные результаты	з5. знать основные уравнения и методы теорий пластичности и ползучести, механики контактного взаимодействия	Особенности подхода к проблеме разрушения при контактном взаимодействии. Применение нелокальных критериев разрушения к задаче о вдавливании шара в упругое полупространство.		Зачет 2 сем., вопросы 1-18. Зачет 3 сем., вопросы 1-14
ПК.5/НИиРЭ способность самостоятельно выполнять научные исследования в области прикладной механики для различных отраслей промышленности, топливно-энергетического комплекса, транспорта и строительства, решать сложные научно-технические задачи, которые для своего изучения требуют разработки и применения математических и компьютерных моделей, применения программных систем мультидисциплинарного анализа (CAE-систем мирового уровня)	у3. уметь определять повреждающие факторы при проектировании элементов конструкций, машин и аппаратуры	Возникновение поверхностных и подповерхностных трещин. Поверхностная энергия твёрдого тела. Теория Гриффитса. Поля напряжений в окрестности вершин трещин.	Курсовая работа 3 сем., «Разрушение в зоне контактных напряжений» РГЗ 2 сем., «Определение предельной величины сосредоточенной силы с помощью различных критериев разрушения»	Зачет 2 сем., вопросы 1-18. Зачет 3 сем., вопросы 1-14
ПК.6/НИиРЭ способность самостоятельно овладевать современными	у1. уметь решать задачи механики деформируемого твердого тела и механики	Коэффициенты интенсивности напряжений и их критические значения. Условие нормального отрыва и другие критерии разрушения.	Курсовая работа 3 сем., «Разрушение в зоне контактных напряжений»	Зачет 2 сем., вопросы 1-18. Зачет 3 сем., вопросы 1-14

языками программирования и разрабатывать оригинальные пакеты прикладных программ и проводить с их помощью расчеты машин и приборов на динамику и прочность, устойчивость, надежность, трение и износ для специализированных задач прикладной механики	контактного взаимодействия с применением программных систем компьютерного моделирования и компьютерного инжиниринга	Критерии разрушения в теории трещин. Модели и условия зарождения поверхностных и подповерхностных трещин. Нормальный контакт упругих тел по теории Герца. Поверхностная энергия твёрдого тела. Теория Гриффитса. Поля напряжений в окрестности вершин трещин. Применение градиентного критерия разрушения в зоне контактных напряжений. Применение градиентного критерия разрушения к задаче о вдавливании шара в упругое полупространство. Применение интегрального критерия разрушения к задаче о вдавливании шара в упругое полупространство. Применение критерия разрушения Нуизмера к задаче о вдавливании шара в упругое полупространство. Применение критерия средних напряжений к задачам о разрушении в области контакта. Применение нелокального критерия разрушения по напряжениям в удаленной точке к контактными задачам. Применение нелокальных критериев разрушения к задаче о вдавливании шара в упругое полупространство. Рост трещин при упругом контактом взаимодействии.	РГЗ 2 сем., «Определение предельной величины сосредоточенной силы с помощью различных критериев разрушения»	
---	---	--	---	--

2. Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках дисциплины.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в 2 семестре - в форме дифференцированного зачета, в 3 семестре - в форме зачета, который направлен на оценку сформированности компетенций ПК.1/НИиРЭ, ПК.2/НИиРЭ, ПК.3/НИиРЭ, ПК.5/НИиРЭ, ПК.6/НИиРЭ.

Зачеты 2 и 3 семестра проводятся в устной форме, по билетам. Список вопросов приводится в паспортах зачета.

Кроме того, сформированность компетенций проверяется при проведении мероприятий текущего контроля, указанных в таблице раздела 1.

В 2 семестре обязательным этапом текущей аттестации является расчетно-графическое задание (РГЗ). Требования к выполнению РГЗ, состав и правила оценки сформулированы в паспорте РГЗ.

В 3 семестре обязательным этапом текущей аттестации является курсовая работа. Требования к выполнению курсовой работы, состав и правила оценки сформулированы в паспорте курсовой работы.

Общие правила выставления оценки по дисциплине определяются балльно-рейтинговой системой, приведенной в рабочей программе учебной дисциплины.

На основании приведенных далее критериев можно сделать общий вывод о сформированности

компетенций ПК.1/НИиРЭ, ПК.2/НИиРЭ, ПК.3/НИиРЭ, ПК.5/НИиРЭ, ПК.6/НИиРЭ, за которые отвечает дисциплина, на разных уровнях.

Общая характеристика уровней освоения компетенций.

Ниже порогового. Уровень выполнения работ не отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, пробелы могут носить существенный характер, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы не достаточно, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнены или выполнены с существенными ошибками.

Пороговый. Уровень выполнения работ отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.

Базовый. Уровень выполнения работ отвечает всем основным требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки.

Продвинутый. Уровень выполнения работ отвечает всем требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»
Кафедра прочности летательных аппаратов

Паспорт зачета

по дисциплине «**Механика контактного взаимодействия и разрушения**»,
2 семестр магистратуры

1. Методика оценки

Зачет проводится в устной форме по билетам. Билет состоит из двух вопросов, список которых приведен ниже. В ходе зачета преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4) и задачи на понимание этих вопросов.

Форма билета для зачета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет летательных аппаратов
Кафедра прочности летательных аппаратов

Билет № _____

к зачету по дисциплине «Механика контактного взаимодействия и разрушения», 2 семестр

1. Вопрос 1
2. Вопрос 2.

Утверждаю: зав. кафедрой _____ ФИО
(подпись)
(дата)

2. Критерии оценки

- Ответ на вопрос считается **неудовлетворительным**, если студент при ответе не дает определений основных понятий, не способен показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает принципиальные ошибки, оценка составляет *менее 10 баллов*.
- Ответ на вопрос засчитывается на **пороговом** уровне, если студент при ответе дает определение основных понятий, может показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает не принципиальные ошибки, например, вычислительные, оценка составляет *10-12 баллов*.
- Ответ на вопрос засчитывается на **базовом** уровне, если студент при ответе формулирует основные понятия, законы, дает характеристику процессов, явлений, проводит анализ причин, условий, может представить качественные характеристики процессов, не допускает ошибок при решении задачи, оценка составляет *13-16 баллов*.

- Ответ на вопрос засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент при проведении сравнительный анализ подходов, проводит комплексный анализ, выявляет проблемы, предлагает механизмы решения, способен представить количественные характеристики определенных процессов, приводит конкретные примеры из практики, не допускает ошибок и способен обосновать выбор метода решения задачи, оценка составляет *17-20 баллов*.

3. Шкала оценки

Зачет считается сданным, если сумма баллов по всем заданиям билета оставляет не менее 10 баллов (из 20 возможных).

В общей оценке по дисциплине баллы за зачет учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4. Вопросы к зачету по дисциплине «Механика контактного взаимодействия и разрушения» за 2 семестр магистратуры

1. Система координат, перемещения и силы в зоне контакта.
2. Упругое полупространство. Основные уравнения и граничные условия.
3. Задачи о действии погонных сил (нормальной и касательной) на границу полупространства.
4. Задача о круглом диске, сжатом по диаметру двумя погонными силами.
5. Задача о действии распределенных нормальных и касательных усилий на полосе границы полупространства.
6. Действие равномерных нормальных и касательных усилий на полосе границы полупространства.
7. Классификация граничных условий на поверхности полупространства.
8. Потенциалы Буссинеска и Черрути.
9. Действие сосредоточенной нормальной силы на границе полупространства.
10. Задача о равномерном давлении, приложенном в круговой области на границе полупространства.
11. Задача о постоянном нормальном смещении (осадке) в круговой области на границе полупространства.
12. Задача о давлении Герца, приложенном в круговой области на границе полупространства.
13. Геометрия контактирующих гладких поверхностей несогласованной формы. Нормальный контакт упругих тел по теории Герца.
14. Поверхностная энергия твёрдого тела. Теория Гриффитса. Поля напряжений в окрестности вершин трещин.
15. Коэффициенты интенсивности напряжений и их критические значения. Условие нормального отрыва и другие критерии разрушения.
16. Возникновение поверхностных и подповерхностных трещин.
17. Формулировки нелокальных критериев разрушения: критерия средних напряжений, критерия Нуизмера и градиентного критерия.
18. Применение нелокальных критериев разрушения к задаче о вдавливании шара в хрупкое упругое полупространство.

Паспорт расчетно-графического задания (работы)

по дисциплине «**Механика контактного взаимодействия и разрушения**»,
2 семестр магистратуры

1. Методика оценки

В рамках расчетно-графической работы по дисциплине студенты должны выполнить работу в соответствии с заданием.

Обязательные структурные части РГР:

- Титульный лист
- Задание
- Решение, теоретическое обоснование решения
- Выводы

Оцениваемые позиции:

- Правильность решения
- Подробность теоретического обоснования
- Аккуратность и грамотность выполнения работы

2. Критерии оценки

- Работа считается **не выполненной**, если выполнены не все части РГЗ(Р), решение формальное, студент не продемонстрировал знание основных определений, оценка составляет менее 0,5 максимального балла, указанного в БРС.
- Работа считается выполненной **на пороговом** уровне, если части РГЗ(Р) выполнены формально: задачи решены с отдельными недочетами, оценка составляет менее 0,6 максимального балла.
- Работа считается выполненной **на базовом** уровне, если анализ объекта выполнен в полном объеме, имеются отдельные недочеты в решении, нет достаточного теоретического обоснования оценка составляет менее 0,8 максимального балла.
- Работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, если все задачи решены, оформление отчета соответствует требованиям, продемонстрировано понимание необходимого теоретического материала, оценка составляет 0,8 максимального балла или более.

3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине баллы за РГЗ(Р) учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4. Примерный перечень тем РГЗ(Р)

Постановка задачи.

Рассмотрим задачу о сжатии эбонитового диска с центральным круговым отверстием по диаметру сосредоточенными силами (рис. 1).

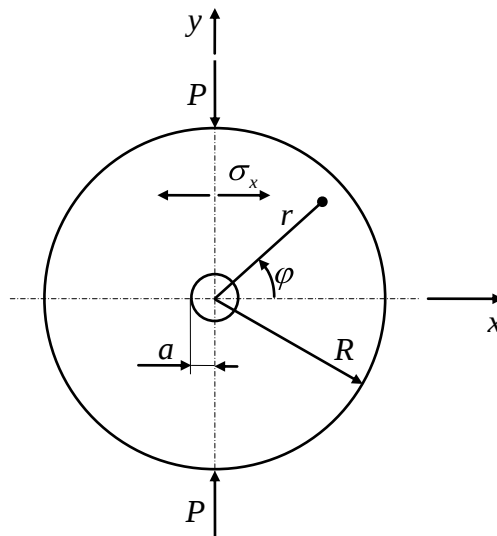


Рис. 1.

Предел прочности материала при растяжении $\sigma_B = 27,57$ МПа. Критический коэффициент концентрации напряжений: $K_{Ic} = 1,119 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2}$.

Геометрические параметры диска:

- внешний радиус $R = 0,028 \text{ м}$;
- значения радиуса отверстия $a = 0,0015 \text{ м}$; $a = 0,001 \text{ м}$; $a = 0,0007 \text{ м}$;
- толщина диска $t = 0,02 \text{ м}$.

Задание. Необходимо определить предельную величину сосредоточенной силы P с помощью различных критериев разрушения (по вариантам):

1. Классического критерия максимальных напряжений.
2. Критерия средних напряжений (интегрального критерия).
3. Критерия разрушения по напряжению в удаленной точке (критерию Нуизмера).
4. Градиентного критерия разрушения.
5. Критерия, использующего ширину полупика напряжения.
6. Модифицированного интегрального критерия разрушения.

Примечание. Некоторые из приведенных критериев содержат дополнительные параметры, значения которых задаются преподавателем для конкретных вариантов.

Сравнить полученные теоретические оценки предельной силы с приведенными в таблице экспериментальными данными по разрушению эбонитовых дисков с центральным круговым отверстием при сжатии между плитами.

Таблица

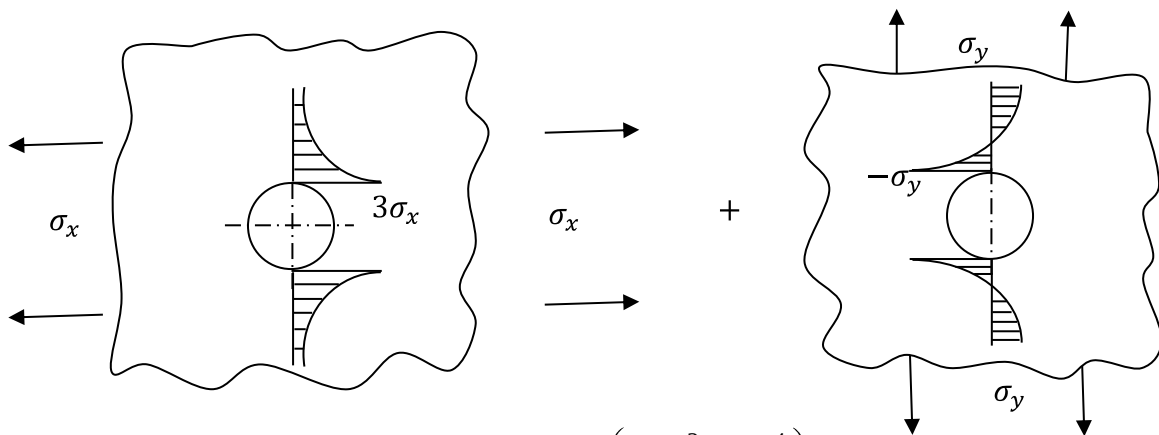
Экспериментальные данные	Номер эксперимента		
	1	2	3
Радиус отверстия a , м	0.0015	0.001	0.0007
Максимальная разрушающая сила P^* , Н	22205	23577	25792

Сделать заключение о соответствии рассмотренных критериев разрушения экспериментальным данным.

Рекомендации.

Так как вдали от отверстия, перпендикулярно линии, соединяющей точки приложения сил, в диске действуют растягивающие напряжения $\sigma_x = \sigma = \frac{P}{\pi R t}$, а в центре сплошного диска реализуется напряжённое состояние, характеризующееся сжимающими напряжениями в направлении действия сил $\sigma_y = -3\sigma = \frac{-3P}{\pi R t}$, то при решении задачи, учитывая, что радиус отверстия много меньше радиуса диска, можно использовать суперпозицию двух решений Кирша:

- растяжение плоскости напряжением σ_x в направлении оси x ;
- сжатие плоскости с круглым отверстием напряжением σ_y по оси y .



В итоге при $\varphi = \pm \frac{\pi}{2}$ имеем $\sigma_\varphi = \sigma \left(1 - \frac{a^2}{r^2} + 6 \frac{a^4}{r^4} \right)$.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»
Кафедра прочности летательных аппаратов

Паспорт зачета

по дисциплине «**Механика контактного взаимодействия и разрушения**»,
3 семестр магистратуры

1. Методика оценки

Зачет проводится в устной форме по билетам. Билет состоит из двух вопросов, список которых приведен ниже. В ходе зачета преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4) и задачи на понимание этих вопросов.

Форма билета для зачета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет летательных аппаратов
Кафедра прочности летательных аппаратов

Билет № _____

к зачету по дисциплине «Механика контактного взаимодействия и разрушения», 3 семестр

1. Вопрос 1
2. Вопрос 2.

Утверждаю: зав. кафедрой _____ ФИО
(подпись)
(дата)

2. Критерии оценки

- Ответ на вопрос считается **неудовлетворительным**, если студент при ответе не дает определений основных понятий, не способен показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает принципиальные ошибки, оценка составляет *менее 10 баллов*.
- Ответ на вопрос засчитывается на **пороговом** уровне, если студент при ответе дает определение основных понятий, может показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает не принципиальные ошибки, например, вычислительные, оценка составляет *10-12 баллов*.
- Ответ на вопрос засчитывается на **базовом** уровне, если студент при ответе формулирует основные понятия, законы, дает характеристику процессов, явлений, проводит анализ причин, условий, может представить качественные характеристики процессов, не допускает ошибок при решении задачи, оценка составляет *13-16 баллов*.

- Ответ на вопрос засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент при проведении сравнительный анализ подходов, проводит комплексный анализ, выявляет проблемы, предлагает механизмы решения, способен представить количественные характеристики определенных процессов, приводит конкретные примеры из практики, не допускает ошибок и способен обосновать выбор метода решения задачи, оценка составляет *17-20 баллов*.

3. Шкала оценки

Зачет считается сданным, если сумма баллов по всем заданиям билета оставляет не менее 10 баллов (из 20 возможных).

В общей оценке по дисциплине баллы за зачет учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4. Вопросы к зачету по дисциплине «Механика контактного взаимодействия и разрушения» за 3 семестр магистратуры

1. Распределение упругих напряжений в окрестности круговой области контакта.
2. Контакт цилиндрических тел в условиях плоской задачи.
3. Применение модели упругого основания в контактных задачах.
4. Энергетическое условие устойчивости равновесной трещины.
5. Особенности подхода к проблеме разрушения при контактном взаимодействии.
6. Неразрушающие методы дефектоскопии.
7. Модели и условия зарождения поверхностных и подповерхностных трещин.
8. Рост трещин при упругом контактном взаимодействии.
9. Критерии разрушения в теории трещин.
10. Экспериментальные закономерности возникновения трещин при контактном взаимодействии.
11. Применение критерия средних напряжений к задачам о разрушении в области контакта.
12. Применение нелокального критерия разрушения по напряжениям в удаленной точке к контактным задачам.
13. Применение градиентного критерия разрушения в зоне контактных напряжений.
14. Сравнение теоретических оценок предельных нагрузок при возникновении трещин и их размеров, полученных по различным критериям, с экспериментальными данными по разрушению в окрестности контакта.

Паспорт курсовой работы

по дисциплине «**Механика контактного взаимодействия и разрушения**»,
3 семестр магистратуры

1. Методика оценки.

Структура курсовой работы, этапы её выполнения и оцениваемые позиции представлены ниже. Задание на курсовую работу приведено в п. 4.

Структура курсовой работы:

- Титульный лист
- Задание
- Решение с подробным теоретическим обоснованием
- Выводы по поделанной работе
- Список литературы и интернет-источников

Этапы выполнения:

- Постановка задачи
- Изучение необходимого теоретического материала
- Изучение необходимого программного обеспечения
- Выполнение задания
- Оформление задания
- Защита по вопросам, приведенным ниже

Оцениваемые позиции:

- Правильность решения
- Подробность теоретического обоснования
- Правильность оформления: соответствие структуре
- Аккуратность и грамотность выполнения работы

2. Критерии оценки.

Работа считается **не выполненной**, если выполнены не все части, решение формальное, студент не продемонстрировал знание основных определений, оценка составляет менее 0,5 максимального балла, указанного в БРС.

Работа считается выполненной **на пороговом** уровне, если части выполнены формально: задачи решены с отдельными недочетами, оценка составляет менее 0,6 максимального балла.

Работа считается выполненной **на базовом** уровне, если все задачи решены, оформление соответствует требованиям, нет достаточного теоретического обоснования оценка составляет менее 0,8 максимального балла.

Работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, если все задачи решены, оформление отчета соответствует требованиям, продемонстрировано понимание необходимого теоретического материала, оценка составляет не менее 0,8 максимального балла

3. Шкала оценки.

В общей оценке по дисциплине баллы за работы учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4. Примерный перечень тем курсового проекта (работы).

ЗАДАНИЕ НА КУРСОВУЮ РАБОТУ»

по теме

«Разрушение в зоне контактных напряжений. Вариант № 2 »

1. Изучить решение задачи Герца об упругом контакте шара с полупространством. Записать формулы для напряжений в окрестности области контакта, полученные Герцем (на поверхности полупространства) и Губером (внутри полупространства).

2. Перевести с английского языка на русский статью Wilshaw T.R. The Hertzian fracture test // J. Phys. D: Appl. Phys., 1971, Vol.4. P.1567-1581. Найти и указать ошибки в формулах, приведенных в статье.

3. Провести анализ экспериментальных результатов, полученных при вдавливании стальных шаров различного диаметра (по вариантам) в стеклянное полупространство. Использовать характеристики упругости стекла (полупространства) и стали (шара). Для стекла модуль Юнга $E = 7 \cdot 10^{10}$ Па, коэффициент Пуассона $\nu = 0,2$. Для стали модуль Юнга $E = 211 \cdot 10^{10}$ Па, коэффициент Пуассона $\nu = 0,28$. Критический коэффициент интенсивности напряжений отожженного стекла $K_{Ic} = 1,271 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2}$. Предельное растягивающее напряжение при изгибе $\sigma_b = 41,85 \text{ МПа}$. Найти радиус a области контакта при образовании кольцеобразной трещины вокруг области контакта. Оценить нагрузку на шар при образовании кольцеобразной трещины, используя первую теорию прочности (критерий максимальных напряжений). Сравнить полученные оценки предельной нагрузки с экспериментальными данными. Сравнить экспериментальные значения радиусов трещин с радиусами области контакта.

4. Оценить нагрузку на шар при образовании кольцеобразной трещины и радиус трещины, используя градиентный критерий разрушения при заданном значении параметра аппроксимации β в градиентном критерии. Сравнить полученные оценки предельной нагрузки и радиуса трещины с экспериментальными данными.

5. Оценить нагрузку на шар при образовании кольцеобразной трещины и радиус трещины, используя интегральный критерий разрушения Нейбера – Новожилова (критерий средних напряжений). Сравнить полученные оценки предельной нагрузки и радиуса трещины с экспериментальными данными.

6. Оценить нагрузку на шар при образовании кольцеобразной трещины и радиус трещины, используя критерий разрушения Нуизмера (критерий разрушения по напряжениям в удаленной точке). Сравнить полученные оценки предельной нагрузки и радиуса трещины с экспериментальными данными.

7. Сделать выводы по работе.

Примечание. Диаметр шара и значение параметра аппроксимации β в градиентном критерии разрушения задаются преподавателем по номеру варианта.

5. Перечень вопросов к защите курсового проекта (работы).

1. Задача о давлении Герца, приложенном в круговой области на границе полупространства.
2. Теория упругого контакта Герца для тел вращения.
3. Распределение упругих напряжений в окрестности круговой области контакта.
4. Нелокальные критерии разрушения:

Критерий средних напряжений (интегральный критерий).

Критерий разрушений по напряжению в удаленной точке.

Градиентный критерий разрушения.