

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной
деятельности

 А.Б. Петроченков

« 13 » сентября 20 22 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: Конфигурационные силы и механика трещин
(наименование)

Форма обучения: очная
(очная/очно-заочная/заочная)

Уровень высшего образования: магистратура
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

Общая трудоёмкость: 108 (3)
(часы (ЗЕ))

Направление подготовки: 15.04.03 Прикладная механика
(код и наименование направления)

Направленность: Динамика и прочность машин, конструкций и механизмов
(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

Сформировать специалистов, владеющих современными подходами к проблемам механики распространения внутренних границ, сопровождающих фазовые переходы, распространение трещин и фронтов химических превращений в деформируемых твердых телах, владеющих математическими методами механики неоднородных сред, умеющих оперировать основными понятиями, используемыми в современных моделях механики конфигурационных сил, владеющих навыками постановки и решения различных задач, связанных с определением напряженно-деформированного состояния в телах с дефектами разной природы, в том числе – трещинами.

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

Конфигурационные силы в деформируемом твердом теле, трещины, тензор Эшелби, интеграл Черепанова - Райса

1.3. Входные требования

Не предусмотрены

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.1	ИД-1ПК-1.1	Знает теорию конфигурационных сил и ее приложения к механике распространяющихся внутренних границ в деформируемом теле: механике трещин, фазовым переходам, фронтам химических превращений	Знает основные методы и подходы к построению математических моделей различных объектов исследования с использованием научно-методического аппарата механики сплошной среды;	Зачет

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.1	ИД-2ПК-1.1	Умеет формулировать критерии распространения внутренних границ в деформируемом теле, в частности в механике трещин и для одиночного включения	Умеет выделять из рассматриваемой проблемы задачу механики, формулировать уравнения математической модели рассматриваемого объекта с использованием научно-методического аппарата механики сплошной среды, принимая необходимые гипотезы, выполнять качественный анализ математической модели;	Контрольная работа
ПК-1.1	ИД-3ПК-1.1	Владеет навыками исследования концентрации напряжений и критериев распространения трещин и роста включений в упругом теле	Владеет навыками построения математических моделей рассматриваемого объекта с использованием научно-методического аппарата механики сплошной среды с учетом необходимых гипотез, а также выполнять качественный анализ математической модели.	Индивидуальное задание

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		4	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	36	36	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	16	16	
- лабораторные работы (ЛР)			
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	18	18	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	72	72	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен			
Дифференцированный зачет			
Зачет	9	9	
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	108	108	

4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
4-й семестр				
Введение в механику разрушения. Простейшие задачи определения концентрации напряжений	2	0	2	8
Характерные масштабы деформирования и разрушения. Оценка теоретической прочности. Обзор элементарных дефектов. Классические критерии прочности. Понятие коэффициента концентрации напряжений. Определение коэффициента концентрации напряжений для сферической поры и сферического включения иной фазы при всестороннем растяжении.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Элементы механики неоднородных сред. Задача Эшелби	4	0	4	18
Неоднородность как источник внутренних напряжений (уравнение Ламе для среды с неоднородностями). Несовместность деформаций как источник внутренних напряжений. Тензоры Грина для деформаций и напряжений в среде с неоднородностями. Интегральные уравнения для определения деформаций и напряжений внутри неоднородности. Определение деформаций и напряжений вне неоднородности. Построение тензора Грина. Тензоры Грина для изотропной среды. Условия на границе раздела двух сред. Лемма Адамара. Представление скачков деформаций и напряжений на границе неоднородности через деформации и напряжения по одну из сторон границы. Эллипсоидальная неоднородность в однородном и полиномиальном внешних полях. Поля напряжений и деформаций в окрестности неоднородности. Тензорные коэффициенты концентрации напряжений. Энергия взаимодействия включения с внешним полем.				
Элементы механики конфигурационных сил	4	0	6	18
Тензор энергии-импульса Эшелби и однородность материала. Инвариантный интеграл Эшелби. Интеграл Эшелби в случае полей с неоднородностями. Интеграл Эшелби и интеграл Райса в случае трещины при плоской деформации. Диссипация энергии при движении разрыва деформаций. Диссипация энергии при квазистатическом распространении трещины в упругом материале				
Элементы механики трещин	4	0	4	18
Трещина при плоской деформации линейно-упругого тела. Принцип суперпозиции. Трещина под действием нормальной симметричной нагрузки. Трещина в поле сдвига и при				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
антиплоской деформации. Коэффициенты интенсивности напряжений. Наклонная трещина в растягивающем поле напряжений. Силовой критерий прочности (критерий Ирвина). Энергетический критерий распространения трещины (теория Гриффитса). Изменение потенциальной энергии при росте трещины. Запись через коэффициенты интенсивности напряжений и интеграл Райса. Локализованные пластические деформации. Формула Гриффитса для критического напряжения в случаях трещины в поле растяжения и при действии расклинивающей силы. Устойчивые и неустойчивые трещины. Теоретическая прочность с точки зрения теории Гриффитса. Связь силового и энергетического критериев прочности. Трещина в модели Баренблатта. Связь с критериями Ирвина и Гриффитса. Трещина в модели Дагдейла. Критерий критического раскрытия трещины.				
Параметр поврежденности	2	0	2	10
Понятие параметра поврежденности. Кинетическое уравнение поврежденности. Принцип линейного суммирования повреждений.				
ИТОГО по 4-му семестру	16	0	18	72
ИТОГО по дисциплине	16	0	18	72

Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Определение напряжений в окрестности концентраторов напряжений
2	Определение полей напряжений и деформаций в задаче Эшелби для включений
3	Анализ поля напряжений в окрестности вершины трещины
4	Критерий Гриффитса и критерий Ирвина в механике трещин
5	Модели трещин с концевой зоной

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
6	Применение концепции параметра поврежденности

5. Организационно-педагогические условия

5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при котором учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установление связей с ранее освоенным материалом.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.

Проведение лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором обучающиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности обучающихся на достижение целей занятия.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.

5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1. Основная литература		
1	Пестриков В. М., Морозов Е. М. Механика разрушения : курс лекций. Санкт-Петербург : Профессия, 2012. 551 с. 44,7 усл. печ. л.	3

2	Пестриков В. М., Морозов Е. М. Механика разрушения на базе компьютерных технологий : практикум. Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2007. 452 с.	2
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Черепанов Г.П. Механика хрупкого разрушения. Москва : Наука : Физматлит, 1974. 640 с.	3
2	Черепанов Г.П., Ершов Л.В. Механика разрушения. Москва : Машиностроение, 1977. 224 с.	8
2.2. Периодические издания		
	Не используется	
2.3. Нормативно-технические издания		
	Не используется	
3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины		
	Не используется	
4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента		
	Не используется	

6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Основная литература	Фрейдин А.Б. Механика разрушения. Задача Эшелби: СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2010.	https://elib.spbstu.ru/dl/2/si20-805.pdf/info	локальная сеть; авторизованный доступ

6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	MS Windows 7 (подп. Azure Dev Tools for Teaching до 27.03.2022)
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567
Системы управления проектами, исследованиями, разработкой, проектированием, моделированием и внедрением	ANSYS (лиц. 444632 ЦВВС)

6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Наименование	Ссылка на информационный ресурс

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
База данных научной электронной библиотеки (eLIBRARY.RU)	https://elibrary.ru/
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	http://lib.pstu.ru/
Электронно-библиотечная система Лань	https://e.lanbook.com/
Электронно-библиотечная система IPRbooks	http://www.iprbookshop.ru/
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	http://www.consultant.ru/
Электронная библиотека диссертаций Российской государственной библиотеки	http://www.diss.rsl.ru/

7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лекция	Мультимедийная учебная аудитория 205Г: парты, стол преподавателя, доска, мультимедийное оборудование	1
Практическое занятие	Мультимедийный компьютерный класс 212Г: парты, стол преподавателя, доска, программно-аппаратный комплекс для организации удаленного доступа к вычислительным ресурсам и ПО QForm высокопроизводительного вычислительного комплекса ПГТУ для реализации образовательных программ по ПНР НИУ в составе Системный блок AquariusEltE50 S67, IntelDQ57TML, IntelCorei7-860, SamsungDDRIII SDRAMPC3-10600, HDD 750 GbSATA-II 300 WesternDigital, DVD+/-RWSamsungSH-S223C, PCI-512MATIRadeonHD5670 GDDR3 VGA+DVI+HDMI, Мышь AquariusMouseOptical 2 keyScroll, Клавиатура AquariusKeyboard 104r/l, Монитор Samsung P2350(KUV) - 10 шт, проектор BengProjector BP6210, киноэкран	1

8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе