\* Диссертация:
Филиппова О.С. Плоские задачи для составных анизотропных и пьезоэлектрических тел с внешними межфазными трещинами.

Only from June, July and August of 2007.

-

Filipova O.S. The plane problems for composite anisotropic and piezoelectric bodies with external interface cracks. - Manuscript.
Thesis for Degree of the Candidate of Science in Physics and Mathematics by speciality: 01.02.04 - mechanics of deformable solid. - Dnipropetrovsk National University, Dnipropetrovsk, Ukraine, 2007.
The thesis deals with the external cracks in anisotropic and piezoelectric bimaterials. The case of pure mechanical loading as well as the combination of thermal and mechanical loading are considered. The models of the electrically permeable and electrically insulated cracks are considered for piezoelectric materials. New expressions for the components of stress-strain state via sectionally-holomorphic vector-functions are found. These expressions are convenient for the investigation of external interface cracks. The case of oscillating model were considered, but the main attention was devoted to the contact zone model, which admit the existing of a frictionless contact zone at the crack tip. In this case the problems are reduced to the combined Dirichlet-Riemann problems, which are solved exactly. Simple transcendental equations for the determination of the contact zone length and the clear expressions for the stress and electrical displacement intensity factors are obtained. The solution for an edge interface crack in a finite sized body is found by finite element method. This solution is compared with the associated analytical solution and good agreement is found. Different effects concerning the influence of mechanical loading and thermal field upon mechanical and electromechanical values at the external interface crack tip are illustrated.
Key words: interface crack, external crack, contact zones, stress intensity factors.
-

Аннотация:
Филиппова О.С. Плоские задачи для составных анизотропных и пьезоэлектрических тел с внешними межфазными трещинами. - Рукопись.
Диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 - механика деформированного твердого тела. - Днепропетровский национальный университет, Днепропетровск, 2007.
В диссертации изучаются особенности напряженно-деформированного состояния составных анизотропных и пьезоэлектрических тел с внешними трещинами на линии раздела материалов. Размеры тел с внешними трещинами на линии раздела материалов. Размеры тел предполагаются намного большими, чем размер участка сцепления, поэтому они аппроксимируются полупространствами.
Рассматривается нагружение берегов трещины сосредоточенными силами, а также комбинация такого нагружения с температурным, причем считается, что имеет место плоская деформация в плоскости перпендикулярной берегам трещины.
Для анизотропных биматериалов найдены новые выражения для компонент напряженно-деформированного состояния через кусочно-голоморфные вектор-функции, которые удобны для исследования межфазных трещин указанного типа. Подобные представления получены также для электромеханических компонент в случае пьезоэлектрических биматериалов, причем рассмотрены модели как электропроникающей, так и электроизолированной трещин.
Вначале предполагалось, что трещины полностью открыты. На основании полученных представлений формулировались задачи линейного сопряжения, для которых строились точные аналитические решения. Анализ этих решений показал, что в окрестности вершин трещин имеют место осциллирующие особенности, которые приводят к физически нереальному взаимопроникновение материалов. Поэтому в дальнейшем основное внимание уделялось контактной модели, которая допускает наличие зоны гладкого контакта берегов возле вершины трещины. В этом случае для произвольной длины зоны контакта проблемы сведены к комбинированным краевым задачам Дирихле-Римана, для которых во всех рассматриваемых случаях биматериалов и условий на берегах трещины приведены точные аналитические решения. Получены достаточно простые аналитические выражения для всех необходимых электромеханических компонент. Из дополнительных условий, которые обеспечивают физическую корректность контактной модели, получены простые трансцендентные уравнения для нахождения длины зоны контакта, а также явные выражения для коэффициентов интенсивности напряжений и коэффициента интенсивности электрической индукции в случае пьезоэлектрического материала.
С целью подтверждения достоверности аналитического решения для внешней трещины с зоной контакта получено получено решение аналогичной модельной задачи для краевой трещины в теле конечных размеров методом конечных элементов. Выбирая участок сцепления в 10 раз меньше, чем характерный размер области и сравнивая найденную длину зоны контакта с аналитическим решением для бесконечной области, получено их хорошее соответствие.
Проиллюстрированы эффекты влияния механической нагрузки и теплового поля на основные механические и электромеханические характеристики в окрестности вершины внешней межфазной трещины. В частности показано, что отношение длины зоны контакта к длине участка сцепления зависит от механических характеристик материалов, направления и точек приложения сосредоточенных сил и в большинстве случаев является достаточно малым. В то же время при нагружении, которые вызывает значительное сдвиговое поле в окрестности вершины трещины, длина зоны контакта, как для анизотропного, так и для пьезоэлектрического биматериалов может становиться соизмеримой с длиной участка сцепления.
Ключевые слова: межфазная трещина, внешняя трещина, зона контакта, коэффициенты интенсивности напряжений.
. . . . . . .

-

Автореферат:

страница 1 автореферата:
Общая характеристика работы:
Актуальность темы. Одна из основных задач механики - это расчет на прочность конструкций. Существенное влияние на прочность конструкции имеют структурные дефекты. В реальных материалах конструкций всегда присутствуют микродефекты. Последние под действием нагружения приводят к появлению трещин и их росту, что может привести к разрушению конструкции. Это явление в первую очередь свойственно хрупким материалам. Поэтому очень многие исследователи занимались проблемой прочности элементов конструкций с трещинами, практическими вопросами расчетов конструкций с дефектами. Основные результаты исследования напряженно-деформированного состояний (НДС) для тел с трещинами представлены в монографиях Каминского, Кита и Хая, Партона и Кудрявцева, Морозова, Панасюка, Попова, Прусова, Саврука, Черепанова и других.
В наше время композитные материалы широко используются в качестве конструкционных материалов. Исследования трещин, которые возникают на границе раздела разных составляющих композиционных материалов (межфазных трещин) имеет большое значение, так как эти трещины в большинстве случаев приводят к разрушению конструкций, выполненных из таких матариалов. В наше время существуют две основных математических моделей межфазных трещин. Первая модель - это "открытая" трещина. Она еще называется классической (осцилляционной) моделью. Эта модель имеет существенный недостаток - напряжения и перемещения берегов трещины около ее вершины имеют осциллирующие особенности, что приводит к физически нереальному взаимопроникновению материалов. Весомый вклад в исследование межфазных трещин в рамках классической модели сделали Гирлицкий, Моссаковский, Прусов, Рыбка, Сулим, Черепанов, Clements, Erdogan, Rice, Sih, Ting, Williams и другие. Другую, то есть контактную модель межфазной трещины впервые предложила Comninou M. В этой модели считается, что около вершин трещины берега контактируют. Она является более сложной, но позволяет устранить недостаток, связанный с наличием осциллирующей особенности около вершины трещины. Контактная модель исследовалась в работах Антипова, Кита, Лободы В.В., Мартыняка, Острика, Симонова, Смирнова С.А., Улитко, Comninou, Dundurs, Gautesen, Herrmann, Mai, Qin и других.
. . . . . . .

страница 5:
Осноное содержание работы:
Во вступительной части обоснована актуальность работы как с теретической, так и с практической точки зрения, а так же подано краткую характеристику диссертационной работы.
В первой главе приводится обзор литературы, посвященной исследованию межфазных трещин с открытыми берегами и с зоной их контакта, которые расположены на линии раздела двух разнородных изотропных, анизотропных или пьезоэлектрических метериалов.
. . . . . .
-

-

Страницы 5, 6, 7, 8, 9 автореферата:
. . . . . .
Рассматривается анизотропное биматериальное пространство со смешанными условиями в плоскости раздела материалов y = 0. Считая, что все компоненты напряженно-деформированного состояния (НДС) не зависят от третьей координаты получено следующие представления компонент НДС через кусочно-голоморфные вектор- функции:
. . . . . . (1.Филипп.автореферат)
где . . . . . . - вектор-функция комплексного переменного z, которая аналитическая в каждой полуплоскости, включая участки сцепления интерфейса;
. . . . . . G - биматериальная матрица, которая определяется упругими характеристиками полупространств,
[f] - обозначает скачок функции при переходе через интерфейс.
Вводя новую вектор-функцию . . . . . ., где символ с чертой обозначает комплексное сопряжение, получаем такие представления для компонент НДС:
. . . . . . (2.Филипп.автореферат)
Функция . . . . аналитическая в каждой полуплоскости, а также на тех открытых участках линии раздела материалов, на которых нагружения отсутствуют. Соотношения (1,2.Филипп) обеспечивают непрерывность напряжений при переходе через интерфейс. Эти соотношения удобны для формулирования задач линейного сопряжения при конкретных условиях на интерфейсе.
Рассматриваются краевые межфазные трещины в анизотропном биматериале (рис. 1.Филипп.автореферат). Считается, что размер тела намного больший, чем длина участка сцепления [c,a] и величины d, h.
Тогда эффекты, которые имеют место в окрестности вершин трещин будут совпадать с теми, которые имеют место для случая, когда границы тела стремятся к бесконечности. Поэтому в дальнейшем будем считать тела бесконечными. Кроме того, если h значительно меньше чем длина зоны сцепления [c,a], то влияние левой трещины и ее нагружения на эффекты, которые возникают в окрестности вершины правой, будет незначительным. Поэтому в дальнейшем будем обращать основное внимание на правую трещину и при ее исследовании учитывать только нагружение на нее. При необходимости аналогичный анализ может быть проведен и для левой трещины.
Сначала поставленная задача решается в классической постановке. То есть считается, что два ортотропных полупространства сцеплены на участке c<x<a, y=0, а на другой части интерфейса x<c, y=0 и x>a, y=0 имеют место две трещины (рис 1.Филипп.автореферат). Считается также, что в точке x=d, y=0 берегов правой трещины действуют сосредоточенные силы (P1,P2), которые не изменяются вдоль третьей координаты. Тогда имеет место плоская деформация в плоскости (x, y) и в векторах . . . . ., а также в соответствующих матрицах можно учитывать только две первые компоненты. Условия на интерфейсе имеют вид:
. . . . . . (3.Филипп.автореферат)
. . . . . . (4.Филипп.автореферат)
Исходя из (2.Филипп.автореферат), можно записать:
. . . . . . (5.Филипп.автореферат)
Комбинируя соотношения (5.Филипп.автореферат), получаем:
. . . . . . (6.Филипп.автореферат)
. . . . . .
Удовлетворяя условиям на интерфейсе, приходим к такой задаче линейного сопряжения для функции F(z)
. . . . . . (7.Филипп.автореферат)
Было получено точное решение этой задачи и найдено выражение для F(z). Получено также выражения для производных от скачков перемещений и напряжений на линии раздела материалов. Проводя анализ полученных напряжений для x из (c,a) и скачков перемещений для x>a получили, что они при x стремящимся к a-0 и x стремящимся к a+0, соответственно, бесконечное количество раз изменяют знак, то есть для такой модели трещины имеет место хорошо известна осциллирующая особенность, что характеризуется физически нереальным взаимопроникновением материалов.
С целью устранения осциллирующей особенности рассмотрена уточненная модель правой трещины. Вблизи ее вершины а введем область гладкого контакта берегов (a,b), с заранее неизвестным положением точки b (рис. 2.Филипп.автореферат). Условия на интерфейсе, кроме (3.Филипп.автореферат), включают:
. . . . . . (8.Филипп.автореферат)
. . . . . . (9.Филипп.автореферат)
Удовлетворяя граничным условиям, приходим к следующей комбинированной краевой задачи Дирихле-Римана:
. . . . . . (10.Филипп.автореферат)
Задача (10.Филипп.автореферат) является на много более сложной, чем (7.Филипп.автореферат). Но решение этой задачи было также представлено в замкнутом виде:
. . . . . . (11.Филипп.автореферат)
Аналитическое решение показало, что при b, стремящемся к a, основные характеристики НДС, найденные в рамках контактной модели, сводятся к соответствующим формулам осцилляционной модели, что говорит о правильности результатов, полученных для контактной модели.
Решение (11.Филипп.автореферат) является математически корректным для произвольного положения точки b.
Однако, оно будет физически корректным, если трещина в точке b закрывается плавно:
. . . . . . (12.Филипп.автореферат)
На основании этого условия было получено трансцендентное уравнение для определения относительной длины области контакта:
. . . . . . (13.Филипп.автореферат)
Считая относительную длину области контакта малой, получаем:
. . . . . . (14.Филипп.автореферат)
Точность решения (14.Филипп.автореферат) тем больше, чем меньше относительная длина участка контакта. Коэффициент интенсивности напряжений (КИН) сдвигового напряжения определяется по формуле:
. . . . . . (15.Филипп.автореферат)
. . . . . .
С целью апробации полученного аналитического решения для внешней межфазной трещины в ортотропном биматериале получено решение подобной задачи методом конечных элементов.
. . . . . .
. . . . . . (16.Филипп.автореферат)
Решение получено методом конечных элементов. Выбирались восьмиузловые элементы, которые измельчались при приближении к трещине и особенно к ее правой вершине. Определялись инвариантные J- интегралы в окрестности точек a и b, через которые по соответствующим формулам находились КИН. Для конкретного положения точки b (соответствующий КИН становился близким к нулю). В предположение, что размеры конструкции на порядок превосходят размер участка сцепления, полученный результат сравнивался с найденным выше соответствующим аналитическим решением для бесконечной области, полученным при тех же значениях материальных констант. Погрешность в определении относительной длины зоны контакта составляла 3.55%, что говорит о хорошей согласованности результатов, полученных абсолютно разными методами.
. . . . . .
-

-

Страницы 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 автореферата:
. . . . . .
Во второй главе сначала проводится анализ осцилляционной модели для внешних трещин под действием температурного поля. Предположим, что биметериальные полуплоскости нагреты (охлаждены) на температуру Т. Используя подход Вольтера, считаем, что температурные напряжения равны нулю, а температурные перемещения пропорциональны температуре. Последнее справедливо, если полуплоскости не связаны.
Считая, что ортотропные полуплоскости сцеплены на одном из участков, а на другой части интерфейса они свободны от напряжений, при нулевых силах, получаем:
. . . . . . (17.Филипп.автореферат)
Используя соотношения (6.Филипп.автореферат), приходим к слудующей задаче линейного сопряжения:
. . . . . . (18.Филипп.автореферат)
с нулевым условием для F(z) на бесконечности.
Было найдено выражение для F(z) и скачок производной от перемещений при переходе через интерфейс, который имеет осциллирующую особенность. Для устранения этой особенности (аналогично главе 1) рассмотрена уточненная модель правой трещины (при нулевых сосредоточенных силах), которая допускает наличие зоны контакта (a,b). В этом случае имеет место следующая комбинированная краевая задача Дирихле-Римана:
. . . . . . (19.Филипп.автореферат)
. . . . . . (20.Филипп.автореферат)
при нулевом условии для F(z) на бесконечности.
Приведено точное решение этой задачи для скачка производной от перемещений при переходе через интерфейс. Аналогично, как и для межфазной трещины под действием сосредоточенных сил, было найдено трансцендентное уравнение для определения относительной длины области контакта:
. . . . . . (21.Филипп.автореферат)
КИН в этом случае имеет вид:
. . . . . . (22.Филипп.автореферат)
Далее рассматривалась внешняя межфазная трещина под действием температурного поля и сосредоточенных сил. В силу линейности задачи, ее рассмотрение может быть проведено для температурного и силового нагружений отдельно. Все необходимые характеристики напряженно-деформированного состояния (НДС) находятся суперпозицией решений указанных задач.
Был проведен численный анализ результатов, полученных в случае термоупругой задачи, для внешней межфазной трещины с зоной контакта.
. . . . . .
В третьей главе было проанализировано внешние межфазные трещины в пьезоэлектрическом материале.
Вначале рассматривался случай электро-проводной трещины. Считалось, что трещина расположена между двумя разнородными пьезоэлектрическими полупространствами. . . . . . .
. . . . . .
На основе известных представлений пьезоэлектрического биматериала путем преобразований, аналогичных главе 1, получены выражения типа (2.Филипп.автореферат). Считалось, что геометрические характеристики и нагружения аналогичные рис. 1.Филипп.автореферат, а пьезоэлектрические материалы относятся к классу 6mm и поляризованы в направлении третьей оси. Следует отметить, что для случая полностью электропроводного интерфейса электричекую индукцию D удается выразить через механические факторы, поэтому задача линейного сопряжения для функции F(z) аналогична (7.Филипп.автореферат). Ее решение получно в замкнутом виде и найдено выражения для скачка производной от перемещений и напряжений при переходе через интерфейс.
Аналогично главе 1 для устранения осциллирующей особенности была использована контактная модель. Условия на линии раздела материалов в этом случае имеют вид:
- механические условия:
. . . . . . (23.Филипп.автореферат)
- электрические условия:
. . . . . . (24.Филипп.автореферат)
Удовлетворяя граничным условиям (23, 24.Филипп.автореферат) была получена комбинированная краевая задача Дирихле-Римана. Она формально совпадает с (10.Филипп.автореферат) и ее решение получно аналогично (11.Филипп.автореферат). Используя условия типа (12.Филипп.автореферат), получено трансцендентное урвнение для определения относительной длины области контакта, аналогичное (13.Филипп.автореферат) и его асимптотическое решение. Был найден КИН сдвигового напряжения, который определяет возможность развития трещины и выражается формулой, близкой к (15.Филипп.автореферат).
. . . . . .
Далее рассматривалась задача, аналогичная предыдущей, но в допущении, что трещины электроизолированы, то есть силовые линии электрического поля тормазятся заполнителем тещины. Такая математичкская модель может быть важной, когда разрез между двумя пьезоэлектрическими материалами заполненный электроизоляционным веществом. Считалось, что дополнительно к механичному нагружению на берегах правой трещины могут быть расположены сосреоточенные электрические смещения интенсивности d.
-
Исходя из представлений компонент электро-механического состояния через кусочно-аналитические вектор-функции были полунны следующие выражения для комбинации компонент НДС:
. . . . . . (25.Филипп.автореферат)
. . . . . . (26.Филипп.автореферат)
где F(z) - функции, аналитические в каждой полуплоскости, а также на ненагруженных участках берегов трещины.
Механические условия на интерфейсе совпадают с (23.Филипп.автореферат), а вместо (24.Филипп.автореферат) имеем:
. . . . . . (27.Филипп.автореферат)
Комбинированная краевая задача в этом случае имеет вид:
. . . . . .
В отличие от электропроводной трищины, решения комбинированной краевой задачи Дирихле-Римана следует расыскивать как при j=1, так и при j=4, а полное решение строится путем совместного использования функций F(z) с разными индексами. Были найдены все электромеханические факторы в явном виде то есть перемещения, напряжения и электрическая индукция на соответствующих промежутках линии раздела материалов. Основные коэффициенты интенсивности (КИ) напряжений и электрической индукции вводились с помощью формул:
. . . . . .
и были найдены в замкнутом виде. Построенное решение является математически корректным для произвольного положения точки b. Однако, оно будет физически корректным, если будут выполнены дополнительные условия:
. . . . . .
-
Показано, что эти условия будут выполнены, если точка b принадлежит промежутку, левая граница которого определяется из равенства нулю предела производной от перемещения по третьей координате, умноженной на корневую функцию, а правая граница этого промежутка определяется из условия равенства нулю первого КИН. Тоесть в случае электроизолированной трещины неравенства (12.Филипп.автореферат) однозначно не определяют положение точки b. Доказано, что это положение определяется на основании еще одного условия, которое вытекает из теоремы о минимуме потенциальной энергии. Использование этого условия показывает, что действительное положение точки b совпадает с правой границей вышеуказанного интервала (из условия равенства нулю первого КИН).
. . . . . .
Из полученных результатов вытекает, что в случае электроизолированной трещины ненулевым КИ является не только КИ сдвигового напряжения, а и КИ электрического смещения, который так же может иметь влияние на возможность развития трещины.
В выводах сформулированы основные результаты исследований.
-
Основные результаты и выводы:
В диссертационной работе рассмотрены классическая и контактная модели для внешних межфазных трещин в анизотропном биматериале под действием сосредоточенных сил и температурного поля. В рамках указанной модели исследована так же внешняя электро-проводная и электроизолированная трещины в пьезоэлектрическом биматериале. В работе были развиты аналитические методы и получено новые аналитические решения указанных задач для трещин в анизотропных и пьезоэлектрических материалах.
Основные результаты диссертационной работы состоят в следующем:
- получены новые представления компонент напряженно-деформированного состояния в анизотропном биматериале через кусочно-голоморфные вектор-функции. Эти функции являются аналитичными в верхней или нижней полуплоскостях, а также на открытых ненагруженных участках интерфейса. Они являются удобными для формулирования задач линейного сопряжения для внешних межфазных трещин в таких биматериалах. Подобные представления компонент электромеханического состояния получено так же для пьезоэлектрического биматериала;
- рассмотрена плоская задача для внешней трещины с зоной контакта между двумя отртотропными полупространствами под действием механического нагружения. При помощи вышеуказанных представлений она сведена к комбинированной краевой задаче Дирихле-Римана, для которой получено точное аналитическое решение;
- получено трансцендентное уравнение для определения длины зоны контакта, а также найдены явные выражения для скачков перемещений, напряжений и их коэффициентов интенсивности. Установлены зависимости этих величин, а также длины зоны контакта от механических характеристик материалов и нагружения;
- с целью апробации полученного аналитического решения для трещины в ортотропном биматериале получено решение подобной задачи для краевой межфазной трещины с зоной контакта в теле конечных размеров методом конечных элементов. При условии, что размер тела намного больший длины участка сцепления выявлено хорошее соответствие аналитического и численного результатов;
- исследована внешняя межфазная трещина с зоной контакта в анизотропном биматериале под действием комбинации сосредоточенных сил под действием комбинации сосредоточенных сил и температурного поля. Изучено влияние температурного поля на длину зоны контакта и на соответствующий коэффициент интенсивности сдвигового напряжения;
- проанализирована классическая и контактная модели для внешней межфазной трещины в пьезоэлектрическом биматериале. Рассмотрены случаи электропроводной и электроизолированной трещины. С использованием вышеупомянутых представлений компонент электромеханического состояния через кусочно-голоморфные вектор-функции, указанные проблемы сведены к задачам линейного сопряжения Дирихле-Римана и Гильберта. На основании аналитических решений этих задач найденные необходимые электромеханические компоненты, а также реальные длины зон контакта и соответствующие коэффициенты интенсивности напряжений и электрической индукции;
- на основе численного анализа полученных аналитических решений исследовано влияние механических характеристик материалов, направления и точек приложения сосредоточенных усилий и интенсивности теплового поля на основные электромеханические характеристики в окрестности вершины внешней трещины. Установлено в частности, что в большинстве случаев длина зоны контакта является малой, но при наличии интенсивного сдвигового поля в окрестности вершины трещины она может становиться соизмеримой с длиной участка сцепления.
Предложенные методики и полученные решения позволяют определять перемещения, напряжения, а также исследовать коэффициенты интенсивности напряжений и длины зон контакта межфазных трещин в анизотропных и пьезоэлектрических биматериалах под действием сосредоточенных сил, температурного и электрического влияний. Эти методики и решения могут быть использованы при определении трещиноустойчивости кусочно-однородных тел с внешними межфазными трещинами.
-
Филипп.автореферат = автореферат диссертации Филипповой, 2007 год, ДНУ.

-

страницы 17, 18, 19 автореферата:
. . . . . . .
Filipova O.S. The plane problems for composite anisotropic and piezoelectric bodies with external interface cracks. - Manuscript.
Thesis for Degree of the Candidate of Science in Physics and Mathematics by speciality: 01.02.04 - mechanics of deformable solid. - Dnipropetrovsk National University, Dnipropetrovsk, Ukraine, 2007.
The thesis deals with the external cracks in anisotropic and piezoelectric bimaterials. The case of pure mechanical loading as well as the combination of thermal and mechanical loading are considered. The models of the electrically permeable and electrically insulated cracks are considered for piezoelectric materials. New expressions for the component&acirc;&aring;&eth;&ntilde;&egrave;&ograve;&aring;&ograve;&agrave; ()s of stress-strain state via sectionally-holomorphic vector-functions are found. These expressions are convenient for the investigation of external interface cracks. The case of oscillating model were considered, but the main attention was devoted to the contact zone model, which admit the existing of a frictionless contact zone at the crack tip. In this case the problems are reduced to the combined Dirichlet-Riemann problems, which are solved exactly. Simple transcendental equations for the determination of the contact zone length and the clear expressions for the stress and electrical displacement intensity factors are obtained. The solution for an edge interface crack in a finite sized body is found by finite element method. This solution is compared with the associated analytical solution and good agreement is found. Different effects concerning the influence of mechanical loading and thermal field upon mechanical and electromechanical values at the external interface crack tip are illustrated.
Key words: interface crack, external crack, contact zones, stress intensity factors.
-

-

текст диссертации:

Содержание этой диссертации:
Введение - 4.
Глава 1. Обзор литературы, посвященной исследованию межфазных трещин. Внешняя межфазная трещина в анизотропном биматериале под действием сосредоточенных сил.
1.1. Обзор литературы -10.
1.2. Представление основных компонент напряженно-деформированного состояния (НДС) для анизотропного биматериального пространства - 17.
1.3. Постановка задачи и анализ классической модели- 27.
1.4. Контактная модель для внешней межфазной трещины- 34.
1.5. Анализ контактной модели краевой межфазной трещины при помощи метода конечных элементов- 47.
Выводы- 53.
Глава 2. Термоупругая задача для внешней межфазной трещины с зоной контакта в анизотропном биматериале.
2.1. Внешняя межфазная трещина в биматериальном пространстве под действием температурного поля.
2.1.1. Постановка задачи. Анализ осцилляционной модели для внешней трещины под действием температурного поля- 54.
2.1.2. Основные соотношения контактной модели- 60
2.2. Внешняя межфазная трещина под действием температурного поля и сосредоточенных сил.
2.2.1. Классическая модель- 67.
2.2.2. Исследование зон контакта и соответствующих коэффициентов интенсивности напряжений (КИН) - 69
2.3. Анализ результатов и выводы- 71
Выводы- 77
Глава 3. Анализ внешней межфазной трещины в пьезоэлектрическом материале.
3.1. Основные соотношения электроупругости для пьезоэлектрического материала- 78.
3.2. Внешняя электро-проводная трещина в пьезоэлектрическом биматериале.
3.2.1. Постановка задачи. Анализ осцилляционной модели- 87.
3.2.2. Контактная модель электро-проводной трещины- 93.
3.3. Внешняя электроизолированная трещина.
3.3.1. Постановка задачи и построение основных соотношений- 103.
3.3.2. Нахождение скачков от перемещений, напряжений, электрической индукции- 109.
3.3.3. Анализ коэффициентов интенсивности напряжений, электрической индукции и реальной длины зоны контакта- 114.
Выводы- 123.
Выводы- 124.
Список использованных источников- 126.
. . . . . . . . . .
-
На правах рукописи.
Работа выполнена на кафедре теоретической и прикладной механики Днепропетровского национального университета.
Научный руководитель: Лобода Владимир Васильевич, доктор физико-математических наук, профессор, Министерство образования и науки Украины, заведующий кафедрой теоретической и прикладной механики Днепропетровского национального университета.
Официальные оппоненты:
Каминский Анатолий Алексеевич - Институт механики им Тимошенко НАН Украины, заведующий отдела механики разрушения,
Смирнов Сергей Александрович - декан экономического факультета ДНУ, доктор физико-математических наук, профессор.
Ведущая организация: Институт прикладных проблем механики и математики им. Подстригача НАН Украины, отдел математических методов механики разрушения и контактных явлений, г. Львов.
Ученый секретарь профессор Дзюба.
. . . . . . . .

страницы 4, 5, 6, 7, 8, 9 диссертации:

Введение:
Актуальность темы:
В наше время композитные материалы имеют широкое использование. Исследование трещин, которые возникают на границе раздела разных составляющих композитных материалов (межфазных трещин) имеет большое значение, так как эти трещины в большинстве случаев приводят к разрушению конструкций, изготовленных их таких материалов.
В наше время существуют две основные математические модели межфазных трещин. Первая модель - это "открытая" трещина. Она еще называется классической (осцилляционной) моделью. Эта модель имеет существенный недостаток - напряжения и перемещения берегов трещины возле ее вершины имеют осциллирующие особенности, что не соответствует действительности. Вторая модель - трещина с контактирующими берегами возле вершин (контактная модель). Она является более сложной, но позволяет устранить недостаток, связвнный с наличием осциллирующей особенности возле вершины трещины.
Внутренние межфазные трещины изучены в настоящее время довольно полно как в классической постановке, так и с учетом зон контакта берегов. В то же время межфазные трещины, которые выходят на край тела, довольно часто встречаются на практике, но их исследованию посвящено значительно меньше внимания чем внутренним трещинам. Следует отметить, что если размер тела намного больший характерного размера области нагружения и ее расстояния до ыершины краевой трещины, то эффекты, которые имеют место в окрестности вершины трещины будут совпадать с теми, которые имеют место в случае, когда границы тела стремятся к бесконечности. В дальнейшем в большинстве случаев будет иметь место указанная ситуация, поэтому области для тел с трещинами будем считать бесконечными, а трещины, которые выходят на соответствующий удаленный край тела для краткости называть внешними. Поскольку, как уже отмечалось, такие трещины недостаточно изучены даже в рамках классической модели, то их исследование для изотропных, анизотропных и пьезоэлектрических материалов можно считать актуальным.

Связь работы с научными программами, планами, темами:
Работа проводилась согласно индивидуального плана подготовки аспиранта кафедры теретической и прикладной механики Днепропетровского национального университета и в рамках начно исследовательских тем 06-168-00 "Анализ необратимых процессов деформирования и разработка методов решения основных и смешанных задач теории упругости, пластичности, устойчивости и разрушения для однородных и кусочно-однородных тел", номер государственной регестрации № 0100V005240, 2000-2002 гг.; 7-062-03 "Исследование проблем прочности, устойчивости и разрушения кусочно-однородных изотропных, анизотропных и пьезоэлектрических тел с межфазными дефектами" номер государственной регестрации № 0103U000578, 2003-2005 гг.

Цель и задачи исследования:
Целью работы является развитие аналитических методов и решение плоских задач для внешних межфазных трещин с зонами контакта под действием термомеханического нагружения в анизотропном биматериале, а также исследование внешней электро-проводной и электроизолированной трещины в пьезоэлектрическом биматериале в поле электромеханического нагружения.
Для достижения сформулированной цели были поставлены и решены следующие задачи:
- построить представления компонент напряженно-деформированного и электрического состояния через кусочно-голоморфные вектор-функции, которые были бы удобными для исследования внешних межфазных трещин в анизотропных и пьезоэлектрических биматериалах;
- сформулировать на основе этих представлений задачи линейного сопряжения, которые соответствуют классической и контактной моделям внешней межфазной трещины;
- построить аналитические решения указанных задач;
- провести численную реализацию полученных решений с целью установления новых особенностей деформирования внешних межфазных трещин в анизотропных и пьезоэлектрических биматериалах;
Объектом исследования в работе являются кусочно-однородные анизотропные и пьезоэлектрические тела с внешними межфазными трещинами, в частности такими, которые имеют зоны контакта в окрестности их вершин.
Предметом исследования является разработка методов расчета и исследования особенностей напряженно-деформированного состояния (НДС) в окрестности вершин внешних межфазных трещин с учетом контакта их берегов.
Методы исследования. Первой составляющей методики исследования является построение представлений компонент напряженно-деформированного и электрического состояния через кусочно-голоморфные вектор-функции. Следующая составляющая базируется на формулировке и построении точных аналитических решений задач линейного сопряжения для разных моделей внешней межфазной трещины. При численной реализации полученных результатов использованы методы решения трансцендентных уравнений, а для апробации полученных решений - метод конечных элементов.

Научная новизна полученных результатов.
В диссертационной работе получены следующие новые результаты:
- на основе известных представлений компонент напряженно-деформированного состояния (НДС) через кусочно-голоморфные вектор-функции получены новые представления указанного типа, которые являются удобными для исследования внешних межфазных трещин в анизотропном и пьезоэлектрическом материалах;
- впервые задача для внешней межфазной трещины с зоной контакта между двумя анизотропными материалами под действием механического нагружения сведена к комбинированной краевой задаче Дирихле-Римана, которая решена точно. Получено трансцендентное уравнение для определения длины зоны контакта, а также явные выражения для напряжений и их коэффициентов интенсивности;
- учтено влияние температурного поля на длину зоны контакта и соответствующий коэффициент интенсивности сдвигового напряжения;
- впервые проанализирована межфазная трещина с зоной контакта в пьезоэлектрическом биматериале. Рассмотрены модели электро-проводной и электроизолированной трещин. В обоих случаях методом сведения проблем к задачам линейного сопряжения Дирихле-Римана и Гильберта найдены реальные длины зон контакта и соответствующие коэффициенты интенсивности напряжений и электрической индукции;
- установлены на основании конкретных вычислений механические эффекты, касающиеся влияния механического нагружения и теплового поля на основные термомеханические и электромеханические характеристики в окрестности вершины трещины;
- с целью сравнения полученного аналитического решения для внешней межфазной трещины в ортотропном биматериале получено решение соответствующей задачи для тела конечных размеров методом конечных элементов.

Обоснованность и достоверность научных результатов обеспечивается использованием достоверных моделей, корректностью физической и математической постановок граничных задач, применением известных, проверенных другими исследователями аналитических методов, согласием полученных результатов с отдельными известными решениями, а также с результатами численного анализа.

Теоретическое и практическое значение полученных результатов.
Предложенные методики позволяют определить напряжения и скачки перемещений, а также исследовать коэффициенты интенсивности напряжений и длины зон контакта для межфазных трещин в анизотропных материалах под действием температурного поля и сосредоточенных сил, а также для пьезоэлектрических материалов в случае электро-проводной и электроизолированной трещины, что дает возможность делать выводы о трещиностойкости кусочно-однородных материалов. Кроме того, полученные результаты позволяют выявить реальную картину деформирования внешней межфазной трещины и позволяют использовать эти закономерности при конструировании численных алгоритмов решения задач с межфазными трещинами для биматериальных тел конечных размеров.

Апробация результатов диссертации.
Отдельные результаты диссертационной работы докладывались на:
- третьей всеукраинской научной конференции "Математические проблемы технической механики", которая проходила в г. Днепродзержинске 22-24 апреля 2003;
- седьмом международном симпозиуме украинских инженеров-механиков во Львове, 18-20 мая 2005.
В целом диссертационная работа обсуждалась на научных семинарах кафедры теоретической и прикладной механики ДНУ и на кафедре дифференциальных уравнений ДНУ, а также на семинаре отдела математических методов механики разрушения и контактных явлений Института прикладных проблем механики и математики им. Подстригача НАН Украины, г. Львов.

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 7 работ. Из них: 5 статей в научных изданиях по специальности, 2 тезиса докладов.

Личный вклад соискателя:
Основные результаты были получены автором спмостоятельно. Соавтор [16-19, 21] В.В. Лобода является научным руководителем диссертанта, поэтому с ним обсуждались постановки рассмотренных задач, осуществлялся выбор методов исследования и анализировались полученные результаты.
Лично соискателю принадлежат такие рассмотренные в диссертационной работе и публикациях научные результаты:
- построение представлений механических [21] и электромеханических [19, 61] характеристик через кусочно-голоморфные вектор-функции;
- сведение классической и контактной моделей для межфазной трещины в анизотропном биматериале под действием сосредоточенных сил [21] и температурного поля [17], а также для электро-проводной [19] и электроизолированной [61] трещин в пьезоэлектрическом биматериале к задаче линейного сопряжения и решение этих задач;
- вывод трансцендентных уравнений для определения длин зон контакта и явных выражений для коэффициентов интенсивности напряжений [17, 19, 21, 61]
- численный анализ полученных аналитических решений и нитерпретация полученных результатов [16-17, 19, 21, 61, 60]
- построение конечно-элементного решения для краевой межфазной трещины с зоной контакта и его сравнение с аналитическими результатами [18].

Структура диссертации.
Диссертация состоит из введения, трех глав, вывода и списка использованных источников. Она содержит 136 страниц машинописного текста, 26 иллюстраций, 26 таблиц, насчитывает 113 литературных источников.
-

страницы 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 диссертации:
Глава 1.
Обзор литературы, посвященной исследованию межфазных трещин.
Внешняя межфазная трещина в анизотропном биматериале под действием сосредоточенных сил.
1.1. Обзор литературы.
При расчетах элементов инженерных конструкций на прочность основной вопрос, который при этом возникает, - это определение областей и уровней концентрации напряжений. Последняя характеризуется коэффициентами концентрации и интенсивности напряжений (КИН) в окрестности дефектов конструкции, в частности трещин. Эти дефекты, как правило, и приводят к досрочному разрушению конструкций. Основные результаты исследования напряженно-деформированного состояния (НДС) для тел с трещинами представлены в монографиях Каминского [5], Кита и Хая [12], Морозова [27], Панасюка [41], Партона и Кудрявцева [42], Попова [43], Саврука [48], Черепанова [62] и других.
В последнее время в качестве составляющих инженерных конструкций широко используют композитные материалы. К разрушению таких конструкций очень часто приводят, трещины, которые могут возникнуть на линии раздела разнородных материальных составляющих композита. Таким образом, исследования межфазных трещин грает определяющую роль при расчете на прочность элементов конструкций. Поэтому исследованию межфазных трещин было посвящено большое количество научных работ.
В данный обзор литературы были включены только те работы, в которых рассматривались упругие и термоупругие задачи для трещин с полностью открытыми берегами, и с учетом контакта берегов, которые расположены на линии разела разнородных изотропных, анизотропных и пьезоэлектрических материалов под действием теплового и механического нагружения и разных рганичных условиях на берегах трещины.
Впервые задачу для межфазной трещины с открытыми берегами (классическая модель) сформулировал и решил Williams [113]. Он рассмотрел трещину, которая расположена на стыке разнородных изотропных полуплоскостей под действием равномерно распределенной удаленной растягивающей нагрузки. Было получено точное аналитическое решение поставленной задачи и показано, что напряжения в окрестности вершины трещины и перемещения ее берегов около вершины имеют осциллирующие особенности, то есть берега трещины взаимно проникают в окрестности вершин. Далее модель открытой трещины рассматривали Черепанов [63], Rice и Sih [104], Грилицкий [2], Грилицкий и Попович [3]. В этих работах считалось, что трещина расположена между разнородными изотропными материалами при разных граничных условиях на берегах трещины и разной нагрузке на бесконечности. Исследование проводилось с использованием интегральных преобразований и методами теории функций комплексного переменного. Были получены точные решения и введено понятие комплексного коэффициента интенсивности напряжений.
В работах Сулима и Грилицкого [55] и Сулима, Грилицкого и Белокура [56] были решены плоские задачи для кусочно-однородных тел с трещинами методами сингулярных интергальных уравнений.
Плоские задачи для межфазных трещин между анизотропными материалами рассматривались в работах Прусова и Луганской [46], Clements [71], Ting [111], Hwo [92], Qian и Sun [102], Wang и Choi [112]. В этих работах анализировалась степень осцилляции в полях напряжений около вершин трещин при разных видах анизотропии, а также рассматривалось влияние смены ориентации главных осей анизотропии на степень осцилляции.
Сравнительно новое важное направление исследований связано с изучением упруго-деформированного состояния и процессов разрушения пьезоэлектрических материалов. Основные фундаментальные вопросы касательно этого направления изложены в монографиях Гринченко, Улитко и Шульги [4], партона и Кудрявцева [42].
"Открытая" трещина между двумя пьезоэлектрическими материалами изучалась в работах Кудрявцева, Партона и Ракитина [13], Sou, Kuo, Barnet, Willis [110], Beom, Atluri [69], Sosa [107]. В частности, в работе Sosa было построено точное решение для осцилляционной модели межфазной трещины между разнородными пьезоэлектрическими полуплоскостями. Решение уравнений пьезоупругости было представлено через черыре аналитические функции комплексных переменных. Решение для трещины было получено как предельный случай задачи для эллиптического отверстия в бесконечной плоскости с разными условиями нагружения.
С помощью метода комплексных потенциалов в работе Моссаковского и Рыбки [28] было получено точное решение для дисковидной трещины между разнородными изотропными полупространствами в поле равномерно распределенного осесимметричного разтягивающего нагружения. Задачи для межфазных трещин в двухслойной сферической оболочке рассматривались в работе Смирнова [53].
Плоские термоупругие задачи для межфазных трещин в рамках классической модели решались методами теории функций комплексного переменного в работах Уздалева [57], Brown, Erdogan [70], Пурсова [44, 45], Clements [72], Sturla, Barber [109], Kuo [93], Hwo [91], Lee, Shul [95], Lee, Park [94] и других. В этих работах в качестве нагружения задавались напряжения и тепловой поток на берегах трещины и на бесконечности. Были получены явные выражения для термомеханических полей и для коэффициентов интенсивности напряжений.
Термоупругие задачи для "открытых" трещин между разнородными пьезоэлектрическими материалами методвми теории функций комплексного переменного и интегральных преобразований решались в работах Gao, Wang [81], Shen, Kuang [105].
Как уже отмечалось, все выше описанные работы использовали модель открытой межфазной трещины, которая приводит к появлению осциллирующих особенностей возле вершины трещин, и, как следствие, к физически нереальному взаимопроникновению материалов.
Другая модель межфазной трещины предложена Comninou [73]. В ней считалось, что возле вершин трещины ее берега контактируют без трения. В работах [73, 74], применив интегральные преобразования к уравнению теории упругости, автор свела задачу для межфазной трещины с зонами гладкого контакта берегов возле вершин, которая располежена между разнородными изотропными полуплоскостями, к интегральному уравнению, которое далее исследовалось численно.
В работах Comninou, Dundurs [76], Ni, Nemat-Nasser [99, 100], Huang, Wang, Liu, Rosakis [90], Qin, Mai [103] плоские задачи для трещин с зонами контакта между разнородными изотропными и анизотпропическими полуплоскостями были сведены к сингулярным уравнениям, которые решались численно. Было установлено, что контактная модель не приводит к осциллирующим особенностям. Однако, в таких задачах возникает другая проблема, которая связана с определением длин зон контакта. Для нахождения этих длин используют условие ограниченности напряжений в точках смыкания берегов трещины, что приводит к дополнительным уравнениям. Поскольку численное решение интегральных уравнений с неизвестными границами интегрирования, которые необходимо определить из дополнительных уравнений, является сложной проблемой, то были сделаны попытки получить аналитические решения таких задач.
Приближенные решения для трещины с зоной контакта находились в работах Atkinson [66, 67]. Впервые точное решение для одной трещины с единственной зоной контакта, которая расположена между изотропными полуплоскостями, было получено Симоновым [49]. В этой работе также найдено трансцендентное уравнение для определения отностительной длины зоны контакта.
В работах Dundurs, Gautesen [79, 84], Симонова [50-52, 106], Gautesen [82, 83] были получены аналитические (точные и приближенные) решения для трещин с одной и двумя зонами контакта разными методами при разном внешнем нагружении. В этих работах было доказано, что пренебрежение одной из зон контакта не приводит к существенным погрешностям в определении длины другой зоны и соответствующего КИН. В работах Herrmann, Loboda [85, 87], Loboda [96] были решены упругие задачи для межфазных трещин с зоной контакта при разных видах нагружения для изотропных, анизотропных материалов и пьезоэлектриков. Были использованы методы сведения сформулированных проблем к комбинированной краевой задаче Дирихле-Римана, решение которой строилось методами развитыми Наймейном и Нуллером [30-36] по отношению к смешаным задачам для жестких штампов. В этих работах были получены простые явные выражения для напряжений вдоль линии сцепления полуплоскостей, выражения для скачков перемещений берегов трещины и уравнения для определения длины зоны контакта.
В работах Улитко и Острика [38, 40, 59] для межфазной трещины с зонами контакта строились аналитические решения и, в частности, предполагалось наличие трения. Зоны контакта для межфазных трещин в кусочно-однородной сферической оболочке исследовались в работе Смирнова [54]. Другой способ моделирования привершинных зон межфазной трещины был в работах Каминского, Кипнис и Колмаковой [8], Каминского, Дудик и Кипнис [6, 7], Лободы и Шевелевой [22] путем внесения зон ослабленных межчастичных связей на продолжение трещины.
Термоупругие задачи для контактной модели тещины исследовались в работах Barber, Comninou [68], Martin-Moran, Barber, Comninou [98], Comninou, Dundurs [75, 78], Comninou, Dundurs, Barber [77], в которых рассматривается дисковидная трещина с кольцевой зоной контакта между разнородными изотропными полупространствами в однородном поле расстяжения сжатия и под действием однородного теплового потока. В этих работах задачи сводились к интегральным уравнениям, которые решались численно. Плоские задачи термоупругости для межфазных трещин с зонами контакта для случая анизотропных материалов рассматривались в работах Herrmann, Loboda [87], а для пьезоэлектрических материалов - в работах Qin, Mai [103], Gao, Wang [81], Shen, Kuang [105], Herrmann, Loboda [89]. Другие способы моделирования привершинных зон межфазных трещин, в частности введение термосопротивления, применялись в работах Кита, Мартыняка и их учеников [10, 11, 23-25].
Намного менее изученными являются краевые межфазные трещины. В частности в работе Кипниса [9] рассматривалась прямолинейная трещина, расположенная на границе раздела двух материалов, которая выходит на свободную от нагружений границу полуплоскости. Указанная задача сводится к краевой задаче Римана для двух пар функций. Для частного случая соотношения между упругими характеристиками материалов дается решение точным аналитическим методом и подсчитываются КИН в вершине трещины.
Важный класс составляют задачи для межфазных трещин, которые выходят на удаленный край тела. Если край тела устремляется к бесконечности, то такие трещины являются полубесконечными, но в окрестности вершины они достаточно хорошо отражают ситуацию, которая имеет место для краевых трещин конечной длины. Исследование межфазных трещин, выходящих на отдаленный край тела (они также называются полубесконечными) проводились менее интенсивно, чем внутренних трещин, в основном для изотропных материалов. В частности в работе Райса и Си [47] в классической постановке изучалась одна трещина под действием сосредоточенных сил. Упругое равновести составной плоскости с двумя колинеарными трещинами рассматривалось в работах Lowengrub [97], Srivastava, Palaiya, Ghoudhary [108]. Кроме того в последней работе рассматривались три колинеарные межфазные трещины конечной длины. Также две полубесконечные и одна конечная трещины были рассмотрены в работах Эрдогана [64, 65].
В завершение следует отметить, что исследования внешних межфазных трещин, в частности и таких, которые выходят на удаленный край, в рамках контактной модели практически отсутствуют. Здесь следует отметить только работы Улитко [58], и Острика и Улитко [39], в которых с использованием метода Винера-Хопфа изучался один полубесконечный разрез между двумя изотропными материалами с учетом теории трения в зоне контакта.
Поэтому важным является исследование внешних межфазных трещин, в частности таких, которые выходят на отдаленный край для анизотропного и пьезоэлектрического биматериалов и разных видов механического и теплового нагружения.
-

-

страницы 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42; 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53; 124, 125 диссертациии:
1.2. Представление основных компонент НДС для анизотропного биматериального пространства.
В общем случае анизотропного материала, напряжения связаны с перемещениями с помощью уравнений [14]
. . . . . . . . . . . . . (1.1.Филипп.диссертация)
причем упругие модули с индексами ijkl имеют следующие свойства симметрии:
ijkl = klij = jikl = ijlk, (1.2.Филипп.диссертация)
и считается справедливым правило суммирования по повторяющимся индексам.
При отсутствии массовых сил, подставляя (1.1.Филипп.диссертация) в уравнение равновесия получаем уравнение Ляме в виде:
. . . . . . . . . . . . . (1.3.Филипп.диссертация)
Будем рассматривать такой вид напряженно-деформированного состояния (НДС), для которого вектор компонент перемещений не зависит от третьей координаты. Частным случаем такого состояния является, в частности, плоская деформация. В этом случае, справедливы следующие представления для компонент вектора перемещений:
u = a f (x + py), (1.4.Филипп.диссертация)
где p - некотрое значение, а - некоторый вектор, который подлежит определению; f - произвольная аналитическая функция комплексной переменной z = x + py. Далее выполняя подстановку уравнения (1.4.Филипп.диссертация) в уравнение (1.3.Филипп.диссертация), получаем следующую однородную систему линейных алгебраических уравнений:
. . . . . . . . . . . . . (1.5.Филипп.диссертация)
Введем матрицы K, R, I.
Тогда уравнение (1.5.Филипп.диссертация) может быть переписано в матричной форме:
. . . . . . . . . . . . . (1.6.Филипп.диссертация)
Здесь и далее, верхний индекс "Т" обозначает транспонированную матрицу. Нетривиальное решеие уравнения (1.6.Филипп.диссертация) существует, когда имеет место уравнение:
det[K + p(R + 1/R) + p p T] = 0. (1.7.Филипп.диссертация)
Как было доказано в [91], матрицы К, Т - симметричные и положительно определенные, уравнение (1.7.Филипп.диссертация) имеет мнимые корни, если энергия деформации положительна.
Три корня уравнения (1.7.Филипп.диссертация) с положительными мнимыми частями будем обозначать как р, а общее решение уравнения (1.3.Филипп.диссертация) может быть представлено в виде:
. . . . . . . . . . . . . (1.8.Филипп.диссертация)
. . . . . . . . . . . . .
Понятно, что р и а являются собственными значениями и соответствующими собственными векторами системы (1.6.Филипп.диссертация).
Подставляя (1.8.Филипп.диссертация) в (1.1.Филипп.диссертация), имеем:
. . . . . . . . . . . . . (1.9.Филипп.диссертация)
Введем следующие векторы:
. . . . . . . . . . . . .
и матрицы
. . . . . . . . . . . . .
Соотношения (1.8.Филипп.диссертация) и наиболее важная часть соотношений (1.9.Филипп.диссертация) может быть записана в матричной форме:
. . . . . . . . . . . . . (1.11.Филипп.диссертация)
. . . . . . . . . . . . . (1.12.Филипп.диссертация)
Рассмотрим теперь композитный материал сложенный из двух анизотропных полупространств y > 0 и y < 0 с соответстыующими упругими константами. Поперечное сечение ортогональное третьей оси изображено на рисунке 1.1.Филипп.диссертация.
. . . . . . . . . . . . .
Рисунок 1.1.Филипп.диссертация.

Будем считать, что напряжение непрерывны вдоль всего интерфейса:
. . . . . . . . . . . . . (1.13.Филипп.диссертация)
Кроме того примем, что часть L интерфейса у =0 представляет собой участки жесткого сцепления. То есть, дополнительно к (1.13.Филипп.диссертация) должны выполняться условия непрерывности перемещений:
. . . . . . . . . . . . . (1.14.Филипп.диссертация)
В этом случае для каждой области, в соответствии с (1.11, 1.12.Филипп.диссертация), соотношения (1.3.Филипп.диссертация) могут быть записаны так:
. . . . . . . . . . . . ., (1.15.Филипп.диссертация)
где j = 1 для y > 0 и j = 2 для y < 0; вектор-функции f(z) аналитические в верхней (y>0) и нижней (y<0) полуплоскостях соответственно.
Используя второе соотношение (1.15.Филипп.диссертация), и граничное условие (1.13.Филипп.диссертация), имеем:
. . . . . . . . . . . . ., (1.16.Филипп.диссертация)
Левая и правая части уравнения (1.16.Филипп.диссертация) являются граничным значением аналитической функции в областях y > 0 и y < 0, соответственно. Соотношение (1.16.Филипп.диссертация) показывает, что обе функции могут быть аналитически продолжены в целой плоскости, тоесть они равны для y > 0 и y < 0, соответственно, некоторой функции M(z) аналитической в целой плоскости.
Принимая, что напряжения ограничены на бесконечности, из уравнения (1.16.Филипп.диссертация) на бесконечности имеем:
M(z) = M = const,
где М - произвольный постоянный вектор.
Соотношение M(z) = M справедливо во всей плоскости, поэтому из соотношения (1.16.Филипп.диссертация) имеем:
. . . . . . . . . . . . . (1.17.Филипп.диссертация)
Принимая во внимание, что собственное значение найдено, и учитывая, что матрицы в соотношении (1.17.Филипп.диссертация) не сингулярные, имеем:
. . . . . . . . . . . . . (1.18.Филипп.диссертация)
Поскольку f(z) произвольные функции, то выбирая М =0, получаем (1.18.Филипп.диссертация) в виде:
. . . . . . . . . . . . . (1.19.Филипп.диссертация)
Вводя вектор производной от скачка перемещений:
. . . . . . . . . . . . ., (1.20.Филипп.диссертация)
и принимая во внимание (1.15.Филипп.диссертация) и (1.19.Филипп.диссертация), производная от скачка перемещений через интерфейс может быть записана как:
. . . . . . . . . . . . ., (1.21.Филипп.диссертация)
. . . . . . . . . . . . .. (1.22.Филипп.диссертация)
Тогда на основании второго из соотношений (1.15.Филипп.диссертация), вектор t на межфазной границе может быть записан как:
. . . . . . . . . . . . .. (1.23.Филипп.диссертация)
Введем вектор-функцию W(z) по формуле:
. . . . . . . . . . . . .. (1.24.Филипп.диссертация)
тогда из выражений (1.21, 1.23.Филипп.диссертация) получим такие формулы для производной от скачка перемещений и вектора напряжений:
. . . . . . . . . . . . .. (1.25.Филипп.диссертация)
. . . . . . . . . . . . .. (1.26.Филипп.диссертация)
. . . . . . . . . . . . .. (1.27.Филипп.диссертация)
. . . . . . . . . . . . .
Из соотношений (1.25.Филипп.диссертация) вытекает, что вектор-функция W(z) аналитическая в каждой полуплоскости включая сцепленные участки интерфейса L.
Представления (1.25, 1.26.Филипп.диссертация) являются удобными для решения разных задач для анизотропных биматериалов путем сведения их к задачам линейного сопряжения Гильберта или Дирихле-Римана.
Далее будем рассматривать ортотропные материалы как наиболее важный класс анизотропных материалов.
В этом случае, используя общепринятую систему обозначений для упругого тензора С четвертого порядка [11], имеем
1111 = 11, 2222 = 22, 3333 = 33, 1122 = 12, 1133 = 13, 2233 = 23, 1212 = 66, 1313 = 55, 2323 = 44, причем другие компоненты тензора С равны нулю.
Матрицы K, R, T имеют вид:
. . . . . . . . . . . . .. (1.28.Филипп.диссертация)
Тогда соотношение (1.7.Филипп.диссертация) примет вид:
. . . . . . . . . . . . .. (1.29.Филипп.диссертация)
Как показывает анализ корни этого уравнения для ортотропных материалов - мнимые. Обозначим часть этих корней с положительной мнимой частью как
. . . . . . . . . . . . .
Подставляя (1.28.Филипп.диссертация) в (1.6.Филипп.диссертация), приходим к следующей матрице А, сформированной из компонент собственных векторов:
. . . . . . . . . . . . .. (1.30.Филипп.диссертация)
Матрица же В имеет вид:
. . . . . . . . . . . . .. (1.31.Филипп.диссертация)
Используя разные материалы для y > 0 и y < 0, видим, что матрица G имеет следующие свойства:
. . . . . . . . . . . . ., (1.32.Филипп.диссертация)
где элементы матрицы G могут быть найдены через А и В с помощью обычных матричных операций на основе формул (1.22 и 1.27.Филипп.диссертация).
Численный анализ показал, что если корни р - мнимые, то коэффициенты g - действительные.
Далее преобразуем соотношения (1.25, 1.26.Филипп.диссертация). Введем новую, аналитическую в каждой полуплоскости вектор-функцию по правилу:
. . . . . . . . . . . . .
Отсюда можем найти W(z)
. . . . . . . . . . . . . (1.33.Филипп.диссертация)
Учитывая выражение (1.33.Филипп.диссертация), (1.25, 1.26.Филипп.диссертация) могут быть записаны в виде:
. . . . . . . . . . . . ., (1.34.Филипп.диссертация)
. . . . . . . . . . . . . (1.35.Филипп.диссертация)
Введем обозначение:
. . . . . . . . . . . . .,
тогда (1.34.Филипп.диссертация) можно записать таким образом:
. . . . . . . . . . . . . (1.36.Филипп.диссертация)
Введенная таким образом функция аналитическая в каждой полуплоскости, а также на тех открытых участках линии раздела материалов, на которых нагрузки отсутствуют.
Соотношения (1.35, 1.36.Филипп.диссертация) достаточно удобные для формулировки задач линейного сопряжения при конкретных условиях на интерфейсе, в частности для внешних трещин.

1.3. Постановка задачи и анализ классической модели:
Пусть два массивных ортотропных тела сцеплены на участке c < x < a, y = 0, а на другой части интерфейса x < c, y = 0 и x > a, y = 0 имеют место две краевые трещины (рис. 1.2.Филипп.диссертация). Считается, что размер тела намного больший, чем длина участка сцепления [c, a] и величины d и h. Тогда эффекты, которые имеют место в окрестности вершины трещины будут практически совпадать с теми, которые имеют место для случая, когда границы тела стремятся к бесконечности.
Считает также, что в точке x = d, y = 0 берегов правой трещины действуют сосредоточенные силы P, а на левую трещину сила P'', которые не изменяются вдоль третьей координаты. Тогда имеет место плоская деформация в плоскости (x, y).
Считая h << a - c, получаем, что влияние левой трещины и ее нагружения на эффекты, котрые возникает возле вершины правой трещины, будет незначительным. Поэтому в дальнейшем основное внимание будем сосредотачивать на правой трещине и при ее исследовании обращать внимание только на силы, приложенные к ней. При необходимости аналогичный анализ может быть проведен и для левой трещины.
. . . . . . . . . . . . .
Рис. 1.2.Филипп.диссертация.
Условия на интерфейсе для поставленной задачи (без учета нагрузки на левую трещину) имеют вид:
. . . . . . . . . . . . . (1.37.Филипп.диссертация)
. . . . . . . . . . . . . (1.38.Филипп.диссертация)
и являются частным случаем условий, рассмотренных в предыдущем параграфе.
Исходя из уравнений (1.35, 1.36.Филипп.диссертация) и учитывая вид матрицы Q, для компонент плоско-деформированного состояния имеем:
. . . . . . . . . . . . . (1.39.Филипп.диссертация)
. . . . . . . . . . . . . (1.40.Филипп.диссертация)
Комбинируя уравнения (1.40.Филипп.диссертация), получаем:
. . . . . . . . . . . . .
Вводя обозначение:
. . . . . . . . . . . . . (1.41.Филипп.диссертация)
последнее выражение можно записать в виде:
. . . . . . . . . . . . . (1.42.Филипп.диссертация)
Обозначая далее
. . . . . . . . . . . . .,
запишем соотношение (1.42.Филипп.диссертация) в виде:
. . . . . . . . . . . . . (1.43.Филипп.диссертация)
При этом m - это корни уравнения:
. . . . . . . . . . . . .,
решение которого имеет вид:
. . . . . . . . . . . . . (1.44.Филипп.диссертация)
Подставляя (1.44.Филипп.диссертация) во вторую формулу (1.41.Филипп.диссертация) получаем:
. . . . . . . . . . . . . (1.45.Филипп.диссертация)
По аналогии с перемещениями, проводим преобразования для напряжений, исходя из соотношений (1.39.Филипп.диссертация)
. . . . . . . . . . . . . (1.46.Филипп.диссертация)
Принимая во внимание формулу (1.44.Филипп.диссертация), получены соотношения для напряжений и перемещений можно записать в виде:
. . . . . . . . . . . . . (1.47.Филипп.диссертация)
. . . . . . . . . . . . . (1.48.Филипп.диссертация)
. . . . . . . . . . . . .
Соотношения (1.47, 1.48.Филипп.диссертация) являются довольно удобными для решения смешанных задач для биматериальной плоскости с разными условиями на линии раздела материалов.
Применяем далее соотношения (1.47, 1.48.Филипп.диссертация) для решения задачи для двух внешних трещин, показанных на рис. 1.2.Филипп.диссертация.
Принимая во внимание, что функции W(z), F(z) постоены с учетом непрерывности напряжений при переходе через интерфейс и удовлетворяя при помощи соотношений (1.47, 1.48.Филипп.диссертация) I и II условиям (1.37.Филипп.диссертация), а так же условиям (1.38.Филипп.диссертация), приходим к такой задаче линейного сопряжения для функции F(z)
. . . . . . . . . . . . . (1.49.Филипп.диссертация)
. . . . . . . . . . . . . (1.50.Филипп.диссертация)
. . . . . . . . . . . . .
Следует отметить, что для нахождения всех необходимых факторов на линии раздела материалов из соотношений (1.47, 1.48.Филипп.диссертация) достаточно использовать только соотношение с индексом j = 1.
Принимая во внимание отсутствие нагружений на бесконечности решение задачи (1.49, 1.50.Филипп.диссертация) будем разыскивать при нулевых условиях для функции F(z) на бесконечности:
. . . . . . . . . . . . .
На основании [29] это решение имеет вид:
. . . . . . . . . . . . . (1.51.Филипп.диссертация)
. . . . . . . . . . . . . (1.52.Филипп.диссертация)
Нахождение последнего интеграла приводит к формуле:
. . . . . . . . . . . . . (1.53.Филипп.диссертация)
Принимая во внимание, что
. . . . . . . . . . . . .
на основании формул (1.47, 1.48.Филипп.диссертация) получаем:
. . . . . . . . . . . . . (1.54.Филипп.диссертация)
. . . . . . . . . . . . .
Отделяя действительную и мнимую часть получаем следующие выражения для производных от скачков перемещений и напряжений на линии раздела материалов:
для x > a:
. . . . . . . . . . . . .
для x из (c, a)
. . . . . . . . . . . . .
Проводя анализ полученных выражений для скачков производных от перемещений и напряжений видим, что их правые части при х стемящемся к нулю справа и слева, соответственно, бесконечное количество раз меняют знак, то есть для такой модели трещины имеет место хорошо известная осциллирующая особенность [112], которая характеризуется физически нереальным взаимопроникновением материалов.

1.4. Контактная модель для внешней межфазной трещины:
С целью устранения осциллирующей особенности рассмотрим уточненную модель правой трещины. Введем вблизи ее вершины a область гладкого контакта берегов (a, b) с наперед неизвестным положением точки b (рис. 1.3.Филипп.диссертация).
. . . . . . . . . . . . .
Рис. 1.3.Филипп.диссертация.

Условия не интерфейсе для этой задачи кроме соотношений (1.37.Филипп.диссертация) включают:
. . . . . . . . . . . . . (1.55.Филипп.диссертация)
. . . . . . . . . . . . . (1.56.Филипп.диссертация)
Удовлетворяя условие (1.55.Филипп.диссертация) при помощи соотношений (1.47, 1.48.Филипп.диссертация), имеем:
. . . . . . . . . . . . . (1.57.Филипп.диссертация)
. . . . . . . . . . . . . (1.58.Филипп.диссертация)
Соотношения (1.57, 1.58.Филипп.диссертация) можно записать в виде следующего уравнения:
Re[F(x)] = 0. (1.59.Филипп.диссертация)
Таким образом, удовлетворение всем необходимым граничным условиям с (1.37, 1.55, 1.56.Филипп.диссертация), приводит к таким уравнениям:
. . . . . . . . . . . . . (1.60.Филипп.диссертация)
. . . . . . . . . . . . . (1.61.Филипп.диссертация)
. . . . . . . . . . . . . (1.62.Филипп.диссертация)
Полученная задача линейного сопряжения является комбинированной краевой задачей Дирихле-Римана. Такого рода задачи рассматривались в работах [1, 32, 35], касательно проблемы взаимодействия штампа с упругой полуплоскостью и в работах [15, 95] касательно внутренней межфазной трещины.
Принимая во внимание, что каноническое решение однородной задачи, соответствующей (1.60 - 1.62.Филипп.диссертация), имеет вид [35, 15]
. . . . . . . . . . . . . (1.63.Филипп.диссертация)
. . . . . . . . . . . . .
условия (1.60, 1.62.Филипп.диссертация) перепишем в виде:
. . . . . . . . . . . . .
Используя интеграл типа Коши [29], имеем:
. . . . . . . . . . . . . (1.64.Филипп.диссертация)
где Ф(z) - произвольная функция, аналитическая по всей плоскости, разрезанной вдоль отрезка L.
Подсчитывая интеграл в (1.64.Филипп.диссертация), иммем:
. . . . . . . . . . . . . (1.65.Филипп.диссертация)
Удовлетворяя теперь граничному условию (1.61.Филипп.диссертация) и учитывая, что Х(z) чисто мнимая на L, имеем следующую задачу Дирихле для функции Ф(z)
. . . . . . . . . . . . .
Частное решение этой задачи, затухающее на бесконечности, имеет вид [1, формула (46.25)]
. . . . . . . . . . . . .
Учитывая условия для H(t) на L имеем:
. . . . . . . . . . . . . (1.66.Филипп.диссертация)
. . . . . . . . . . . . .
Вычисляя I(z) по методике [29], получим:
. . . . . . . . . . . . .
Подставляя последнюю формулу в (1.66.Филипп.диссертация), а полученный результат в (1.65.Филипп.диссертация) приходим к соотношению:
. . . . . . . . . . . . . (1.67.Филипп.диссертация)
. . . . . . . . . . . . .
Принимая во внимание, что для . . . . . . . . . . . . ., получим на основании формул (1.47, 1.48.Филипп.диссертация)
. . . . . . . . . . . . . (1.68.Филипп.диссертация)
Несложный аналитический анализ показывает, что при b, стремящемся к a формулы (1.67, 1.68.Филипп.диссертация) сводятся к формулам (1.53, 1.54.Филипп.диссертация) осцилляционной модели, что говорит о правильности результатов, полученных для контактной модели.
Рассмотрим далее определение реальной длины зоны контакта, а также коэффициентов интенсивности напряжений.
Решение (1.67.Филипп.диссертация) является математически корректным для произвольного положения точки b. Однако, оно будет физически корректным, если будут выполнены следующие дополнительные условия:
. . . . . . . . . . . . . (1.69.Филипп.диссертация)
Анализируя последнее решение получим, что последние условия будут выполнены, если трещина в точке b закрывается плавно. . . . . . . . . . . . . .
Используя в последнем выражении формулу (1.68.Филипп.диссертация), а также учитывая, что ф(b) = 0, приходим к такому уравнению:
. . . . . . . . . . . . .
Подставляя выражение для X(d) полученный на основании (1.63.Филипп.диссертация) и отделяя действительную часть, последнее уравнение перепишем в виде:
. . . . . . . . . . . . . (1.70.Филипп.диссертация)
причем ф(d) может быть переписано в виде:
. . . . . . . . . . . . . (1.71.Филипп.диссертация)
. . . . . . . . . . . . .
Уравнение (1.70.Филипп.диссертация) является трансцендентным уравнением для определения относительной длины области контакта. В случае малых относительных длин области контакта приближенное решение уравнения (1.70.Филипп.диссертация) можно представить в виде:
. . . . . . . . . . . . . (1.72.Филипп.диссертация)
. . . . . . . . . . . . .
Точность решения уравнения (1.72.Филипп.диссертация) тем больше, чем меньше относительная длина области контакта.
Найдем коэффициент интенсивности напряжений (КИН), который может определять начало развития трещины. В случае контактной модели таким КИН является:
. . . . . . . . . . . . . (1.73.Филипп.диссертация)
На основании формулы (1.47.Филипп.диссертация) имеем:
. . . . . . . . . . . . .
Используя формулу (1.67.Филипп.диссертация), а также принимая во внимание, что . . . . . . . . . . . . ., для x из (c, a), приходим к выражению:
. . . . . . . . . . . . .
Подставляя последнюю формулу в (1.73.Филипп.диссертация) и принимая во внимание, что . . . . . . . . ., получим:
. . . . . . . . . . . . .
Преобразуя последнюю формулу с учетом уравнения (1.70.Филипп.диссертация), получим:
. . . . . . . . . . . . . (1.74.Филипп.диссертация)
Следует отметить, что нормальное напряжение в вершине имеет конечную величину, которая может быть определена на основе первой формулы (1.68.Филипп.диссертация).
Для сравнения результатов, полученных при помощи двух моделей межфазной трещины, на рис. 1.4 приведены графики, полученные для осцилляционной модели на основании формулы (1.54.Филипп.диссертация) (пунктирная линия) и для контактной модели при относительной длине зоны контакта = 0.062 на основании формулы (1.68.Филипп.диссертация) (сплошная линия).
. . . . . . . . . . . . .
Рис. 1.4.Филипп.диссертация.

В качестве верхнего материала выбирался алюминий, а нижнего - медь.
Считалось, что c = -1м, а = 1м, d = 2м. Здесь и далее значения всех величин приводится в международной системе единиц СИ.
Видно, что в зоне контакта и в ее окрестности разница в результатах очень большая, однако на некотором расстоянии от области контакта имеет место хорошее соответствие результатов, полученных по двум моделям.
Далее основное внимание уделялось контактной модели межфазной трещины.
. . . . . . . . . . . . .
Из полученных результатов видно, что сдвиговое нагружение существенно влияет как на длину зоны контакта, так и на второй КИН.
. . . . . . . . . . . . .

1.5. Анализ контактной модели краевой межфазной трещины при помощи метода конечных элементов:
С целью сравнения результатов в этом параграфе проведем определение зон контакта для краевой межфазной трещины при помощи метода конечных элементов.
Рассматривается плоская деформация бесконечно длинного по направлению третьей оси тела, поперечное сечение которого показано на рис. 1.6.Филипп.диссертация.
Предпологаем, что материал изотпропный с заданными модулем сдвига, коэффициентом Пуассона и поперечными размерами. Считает, что участок [c, a] границы жестко защемлен, а на остальных участках границы образовались краевые трещины. Считается также, что на участке (a, b) неизвестной длины в окрестности вершины правой трещины имеет место зона гладкого контакта, а ее берега нагружены системой сосредоточенных сил Р, которые приложены в точке с координатами (d, 0).
. . . . . . . . . . . . .
Рис. 1.6.Филипп.диссертация.

Граничные условия поставленной задачи могут быть записаны в виде:
. . . . . . . . . . . . . (1.75.Филипп.диссертация)
. . . . . . . . . . . . . (1.76.Филипп.диссертация)
. . . . . . . . . . . . . (1.77.Филипп.диссертация)
. . . . . . . . . . . . . (1.78.Филипп.диссертация)
Для решения поставленной задачи используется метод конечных элементов [26]. Область разбивается на восьмиузловые изопараметрические элементы (рис. 1.7.Филипп.диссертация), функции формы которых имеют вид:
. . . . . . . . . . . . .
Рис. 1.7.Филипп.диссертация.
. . . . . . . . . . . . .
Связь между глобальными (х, у) координатами и локальными координатами элементов осуществляется с помощью зависимостей:
. . . . . . . . . . . . .
В использованных изопараметрических конечных элементах функции формы используются также для интерполяции перемещений по их узловым значениям:
. . . . . . . . . . . . .
В результате дискретизации сформулированной задачи и использования метода конечных элементов она сводится к определению неизвестных перемещений из системы линейных алгебраических уравнений:
. . . . . . . . . . . . .
где {d} - вектор узловых перемещений, {F} - вектор нагружения, [K] - глобальная матрица жесткости.
Разбиение области на элементы показано на рис. 1.8- 1.10.Филипп.диссертация.
. . . . . . . . . . . . .
При этом на рис. 1.8 показано глобальное разбиение. На рис. 1.9 приведена структура сетки в окрестности участка границы [c, b]. А на рис. 1.10 показана сетка в локальной области вблизи точек a и b, где сгущение сетки является особенно существенным.
Следует также отметить, что для элементов, которые примыкают к точкам a и b осуществлено сдвигание узлов на 1/4 длины соответствующих сторон, что дает возможность смоделировать коренную особенность напряжений и деформаций в точках a и b.
Решение задачи строилось при произвольном положении точки b, однако полученное решение будет физически корректным, если будут выполнены следующие дополнительные условия:
. . . . . . . . . . . . . (1.80.Филипп.диссертация)
Удовлетворение указанных условий проводится с помощью метода последовательных приближений.
При практическом применении конечно-элементной программы и построении сетки положение точки a находилось из того условия, чтобы выполнялись неравенства (1.80.Филипп.диссертация).
Проверка выполнения этих неравенств была сделана при помощи анализа узловых значений вертикальных перемещений справа от точки b и узловых значений вертикальных компонент реакций слева от этой точки. Поскольку смена положения точки b требует непринципиальной, но не совсем удобной перестройки сетки, то положение этой точки выбиралось фиксированным, а изменялась величина коэффициента, выражающего отношение первой ко второй составляющей сосредоточенной силы Р.
. . . . . . . . . . . . .
Из приведенной таблицы видно, что рамер минимального элемента, прилегающего к вершине трещины, был равен 0.002 мм, что равняется приблизительно 0.0001 размера трещины.
В табл. 1.11 приведены результаты расчетов при d = 15 мм, второй составляющей сосредоточенной силы = 1 Н/м и разных значениях отношения первой ко второй составляющей сосредоточенной силы Р. В правом столбце указаны узлы, в которых не выполнялось одно из условий (1.80.Филипп.диссертация).
. . . . . . . . . . . . .
Из приведенных результатов вытекает, что значение отношения первой ко второй составляющей сосредоточенной силы Р, при котором выполняются оба неравенства (1.80.Филипп.диссертация), равно приблизительно 1.913.
Рассмотрим теперь случай, когда область бесконечна. Пусть границы области, изображенной на рис. 1.6, стремятся к бесконечности.
В этом случае приходим к задаче, точное решение которой получено в предыдущем пункте. Использование уравнений (1.70, 1.72) в случае трещины [9.8 мм, бесконечность] вдоль границы защемленной полуплоскости с зоной кнтакта [9.8 мм, 10 мм] под действием силы Р, приложенной в точке с координатами (15 мм, 0 мм), привели к значению отношения первой ко второй составляющей силы Р равному 1.981, которое обеспечивает выполнение обоих неравенств (1.80).
Сравнение этого значения с результатами, полученными МКЭ, показывает, что погрешность 3.55%.
Таким образом, аналитический подход [21], основанный на уравнениях (1.70, 1.72) дает хорошее согласование с результатами конечно-элементного анализа. Незначительное же несовпадение в результатах возникает, вероятно, в связи с тем, что конечная область, изображенная на рис. 1.6, при аналитическом подходе аппроксимируется бесконечной полуплоскостью.

Выводы:
В первой главе приведен анализ литературы посвященной исследованию трещины, в том числе и межфазных трещин, которые расположены на линии стыка двух разнородных материалов. Описанные основные методы исследования межфазных трещин, которые встречаются в литературе. Записанные представления основных компонент НДС для анизотропного биматериального пространства. Рассмотрена внешняя межфазная трещина в ортотропном биматериале под действием сосредоточенных сил. Проведен анализ классической и контактной модели этой задачи. На основе известных представлений компонент НДС через кусочно-голоморфные вектор-функции получены новые представления вышеупомянутого типа, которые удобны для исследования внешних трещин в анизотропном материале. Задача для внешней трещины с зоной контакта между двумя анизотропными материалами под действием механического нагружения сведена к комбинированной краевой задаче Дирихле-Римана, которая решена точно. Получено трансцендентное уравнение для определения длины зоны контакта, а также явные выражения для напряжений и их коэффициентов интенсивности. Приведен численный анализ полученных результатов. Исследованы зависимости величин зон контакта и КИН от нагружения и характеристик материала. Также проведен анализ контактной модели краевой межфазной трещины з помощью метода конечных элементов.
. . . . . . . . . . . . .
Выводы, общие:
В диссертационной работе рассмотрены классичаская и контактная модели для внешних межфазных трещин в анизотропном биматериале под действием сосредоточенных сил и температурного поля. В рамках указанных моделей исследована также внешняя электро-проводная и электроизолированные трещины в пьезоэлектрическом биматериале. В работе было проведено развитие аналитических методов и получено новые аналитические решения указанных задач для трещин в анизотропных и пьезоэлектрических материалах.
Основные результаты диссетационной работы состоят в следующем:
- получены новые представления компонент напряженно-деформированного состояния в анизотропном биматериале через кусочно-голоморфные вектор-функции. Эти функции являются аналитическими в верхней и нижней полуплоскостях, а также на открытых ненагруженных участках интерфейса. Они являются удобными для формулировки задач линейного сопряжения для внешних межфазных трещин в таких биматериалах. Подобные представления компонент электромеханического состояния получены также для пьезоэлектрического биматериала;
- рассмотрена плоская задача для внешней трещины с зоной контакта между двумя ортотропными полупространствами под действием механического нагружения. С помощью вышеуказанных представлений она сведена к комбинированной краевой задаче Дирихле-Римана, для которой получено точное аналитическре решение;
- получено трансцендентное уравнение для определения длины зоны контакта, а также найдены явные выражения для скачков перемещений, напряжений и их коэффициентов интенсивности. Установлены зависимости этих величин, а также длины зоны контакта от механических характеристик материалов и нагружения;
с целью апробации полученного аналитическго решения для трещины в ортотропном биматериале получено решение подобной задачи для краевой межфазной трещины с зоной контакта в теле конечных размеров методом конечных элементов. При условии, что рамер тела намного больший длины участка сцепления выявлено хорошее соответствие аналитического и численного результатов;
- исследована внешняя межфазная трещина с зоной контакта в анизотропном биматериале под действием комбинации сосредоточенных сил и температурного поля. Изучено влияние температурного поля на длину зоны контакта и на соответствующий коэффициент интенсивности сдвигового напряжения;
- проанализирована классическая и контактная модели для внешней межфазной трещины в пьезоэлектрическом биматериале. Рассмотрены случаи электропроводной и электроизолированной трещин. С использованием вышеупомянутых представлений компонент электромеханического состояния через кусочно-голоморфные вектор-функции указанные проблемы сведены к задачам линейного сопряжения Дирихле-Римана и Гильберта. На основании аналитических решений этих задач найдены необходимые электромеханические компоненты, а также реальные длины зон контакта и соответствующие коэффициенты интенсивности напряжений и электрической индукции;
- на основании численного анализа полученных аналитических решений исследовано влияние механических характеристик материалов, направления и точек приложения сосредоточенных сил и интенсивности теплового поля на основные электромеханические характеристики в окрестности вершины внешней трещины. Установлено, в частности, что в большинстве случаев длина зоны контакта является малой, но при наличии интенсивного сдвигового поля в окрестности вершины трещины она может становиться соизмеримой с длиной участка сцепления.
Предложенные методики и полученные решения позволяют определить перемещения, напряженя, а также исследовать коэффициенты интенсивности напряжений и длины зон контакта межфазных трещин в анизотропных и пьезоэлектрических биматериалах под действием сосредоточенных сил, температурного и электричсеского влияний. Эти методики и решения могут быть использованы при определении трещиностойкости косочно-однородных тел с внешними межфазными трещинами.
-
Филипп.диссертация = диссертация Филипповой, 2007 год, ДНУ.

-

страницы 40, 41, 42, 43 диссертациии:
Для сравнения результатов, полученных при помощи двух моделей межфазной трещины, на рис. 1.4 приведены графики, полученные для осцилляционной модели на основании формулы (1.54.Филипп.диссертация) (пунктирная линия) и для контактной модели при относительной длине зоны контакта = 0.062 на основании формулы (1.68.Филипп.диссертация) (сплошная линия).
. . . . . . . . . . . . .
Рис. 1.4.Филипп.диссертация.

В качестве верхнего материала выбирался алюминий с упругими характеристиками мю^(1) = 33.45\*10^9 Pa, ню^(1) = 0.32, а нижнего - медь с характеристиками мю^(2) = 75.75\*10^9 Pa, ню^(2) = 0.32.
Считалось, что c = -1м, а = 1м, d = 2м, Р1 = -10 Н/м, Р2 = 1 Н/м. Здесь и далее значения всех величин приводится в международной системе единиц СИ.
Видно, что в зоне контакта и в ее окрестности разница в результатах очень большая, однако на некотором расстоянии от области контакта имеет место хорошее соответствие результатов, полученных по двум моделям.
Далее основное внимание уделялось контактной модели межфазной трещины. На рис. 1.5 для с = -1м, а = 1м, Р2 = 1 Н/м и d = 1.5м приведены значения относительных длин области контакта лямбда\_0 в зависимости от величины Р1.
Выбирались биматериалы с такими характеристиками:
Биматериал I: мю^(1) = 33.45\*10^9 Pa, ню^(1) = 0.32 (алюминий),
мю^(2) = 75.75\*10^9 Pa, ню^(2) = 0.32 (медь).
В этом случае гамма = 0.814, эпсилон = -0.033.
Биматериал II: C^(1)\_{11} = 26.6C^(1)\_{66}, C^(1)\_{12} = 3.15C^(1)\_{66}, C^(1)\_{22} = 3.6C^(1)\_{66}, C^(1)\_{66} = 33.45\*10^9,
C^(2)\_{11} = 26.6C^(2)\_{66}, C^(2)\_{12} = 3.15C^(2)\_{66}, C^(2)\_{22} = 3.6C^(2)\_{66}, C^(2)\_{66} = 33.45\*10^9
(комбинация ортотропных биматериалов).
В этом случае гамма = 0.848, эпсилон = -0.026.
Биматериал III:
мю^(2) = 1000мю^(1), ню^(2) = 0.3
(верхняя полуплоскость изготовлена из иделизированного материала с малым коэффицентом Пуассона и с условиями на отрезке [c,a] нижней границы, близкими к жесткому сцеплению).
В этом случае гамма = 0.343, эпсилон = - 0.17.
На рис. 1.5 кривые, которые соответствуют биматериалам I, II, III обозначенные как I, II, III соответственно.
В табл. 1.1 - 1.6 приведены значения лямбда\_0 в зависимости от величины Р1.
Выбирались те же самые значения с, а, Р2 и d, что и для рис. 1.5.
В табл. 1.7 - 1.9 приведены значения КИН k2 (Н/м^{3/2}), которые соответствуют биматериалам и зонам контакта с рис. 1.5 и табл. 1.1, 1.3, 1.5.
Из полученных результатов видно, что сдвиговое нагружение существенно влияет как на длину зоны контакта, так и на второй КИН k2. При этом видно, что при отрицательных значениях Р1/Р2 длины зон контакта, становятся соизмеримыми с длиной участка сцепления [c,a]. В то же время для Р1/Р2 =< 0 длины зон контакта являются очень малыми, что качественно согласуются с результатами работ [73], [15]. Значения относительных длин области контакта для биматериалов I и II не так существенно отличаются как для биматериалов I и III. Что касается второго КИН k2, то из полученных результатов видно, что модуль его значения возрастает при росте силы Р1, а также при приближении точки приложения сил Р1 и Р2 к вершине трещины. При этом значения k2 для биматериалов I и II особенно для больших Р1/Р2 являются достаточно близкими, что объясняется несущественным отличием биматериальных констант эпсилон для этих пар материалов.
. . . . . . . . . . . . .
Рис. 1.5.

Таблица 1.1
Зависимости лямбда\_0 от соотношения величин сосредоточенных сил и точки их приложения Р1/Р2 =< 0 для биматериала I
(d-a)/(a-c) Р1/Р2 -100, -10, -5, -2, -1, 0
0.5 0.503, 0.0615, 0.00312, 9.49\*10^{-7}, 5.14\*10^{-11}, 1.98\*10^{-21},
1 0.971, 0.0952, 0.00843, 1.42\*10^{-6}, 7.72\*10^{-11}, 2.97\*10^{-21},
2 1.87, 0.131, 0.00645, 1.9\*10^{-6}, 1.03\*10^{-10}, 3.97\*10^{-21}.
-
Р2 = 1 в этом случае. Это было указано на плакате на защите диссертации.
-
Таблица 1.2
Зависимости лямбда\_0 от соотношения величин сосредоточенных сил и точки их приложения Р1/Р2 > 0 для биматериала I
(d-a)/(a-c) Р1/Р2 1, 2, 5, 10, 100,
0.25 4.59\*10^{-32}, 2.49\*10^{-36}, 7.33\*10^{40}, 3.71\*10^{41}, 2.4\*10^{-42},
0.5
1
2
. . . . . . . . . . . . .

-

-

страница 44 диссертациии:
Таблица 1.2
Зависимости лямбда\_0 от соотношения величин сосредоточенных сил и точки их приложения Р1/Р2 > 0 для биматериала I
(d-a)/(a-c) Р1/Р2 1, 2, 5, 10, 100,
0.25 4.59\*10^{-32}, 2.49\*10^{-36}, 7.33\*10^{-40}, 3.71\*10^{-41}, 2.4\*10^{-42},
0.5 7.65\*10^{-32}, 4.14\*10^{-36}, 1.22\*10^{-39}, 6.18\*10^{-41}, 4\*10^{-42},
1 1.15\*10^{-31}, 6.21\*10^{-36}, 1.83\*10^{-39}, 9.27\*10^{-41}, 6\*10^{-42},
2 1.53\*10^{-31}, 8.28\*10^{-36}, 2.44\*10^{-39}, 1.24\*10^{-40}, 8\*10^{-42}.
-
Таблица 1.3
Зависимости лямбда\_0 от соотношения величин сосредоточенных сил и точки их приложения Р1/Р2 =< 0 для биматериала II
(d-a)/(a-c) Р1/Р2 -100, -10, -5, -2, -1, 0
0.5 0.434, 0.00269, 7.44\*10^{-6}, 5.68\*10^{-12}, 1.62\*10^{-17}, 1.65\*10^{-26},
1 0.832, 0.00404, 1.12\*10^{-5}, 8.52\*10^{-12}, 2.43\*10^{-17}, 2.48\*10^{-26},
2 1.53, 0.00539, 1.49\*10^{-5}, 1.14\*10^{-11}, 3.25\*10^{-17}, 3.31\*10^{-26}.
-
Р2 = 1 в этом случае. Это было указано на плакате на защите диссертации.
-
Таблица 1.4
Зависимости лямбда\_0 от соотношения величин сосредоточенных сил и точки их приложения Р1/Р2 > 0 для биматериала II
(d-a)/(a-c) Р1/Р2 1, 2, 5, 10, 100,
0.25 1.01\*10^{-35}, 2.88\*10^{-41}, 2.2\*10^{-47}, 6.09\*10^{-50}, 2.3\*10^{-52},
0.5 1.68\*10^{-35}, 4.81\*10^{-41}, 3.67\*10^{-47}, 1.01\*10^{-49}, 3.83\*10^{-52},
1 2.53\*10^{-35}, 7.21\*10^{-41}, 5.51\*10^{-47}, 1.52\*10^{-49}, 5.57\*10^{-52},
2 3.37\*10^{-35}, 9.61\*10^{-41}, 7.34\*10^{-47}, 2.03\*10^{-49}, 7.66\*10^{-52}.
-

страницы 67, 68, 69, 70 диссертации:
2.2. Внешняя межфазная трещина под действием температурного поля и сосредоточенных сил:
2.2.1. Классическая модель:
Пусть ортотропные полуплоскости сцеплены на участке c < x < a, y = 0, а на другой части интерфейса x < c, y = 0 x > a, y = 0 расположены две внешние трещины (рис. 2.3).
. . . . . . . . . . . . . . .
Рис. 2.3.

Считаем также, что в точке x = d, y = 0 берегов правой трещины действуют сосредоточенные силы Р и полуплоскости нагреты (охлаждены) на температуру Т в сравнении с нормальной. Тогда условия на интерфейсе для поставленной задачи имеют вид:
. . . . . . . . . . . (2.38.Филипп.диссертация)
. . . . . . . . . . . (2.39.Филипп.диссертация)
В силу линейности задачи, ее рассмотрение может быть проведено для температурного и силового нагружений отдельно, а решение записано как сумма поученных решений.
Таким образом в общем случае термомеханического нагружения все необходимые характеристики напряженно-деформированного состояния можно найти суперпозицией полученных выше решений температурной (п. 2.1.1) и механической (п. 1.3) задач.

2.2.2. Исследование зон контакта и соответствующих КИН:
Для устранения осциллирующей особенности рассмотрим контактную модель правой трещины. Введем, как и ранее, вблизи ее вершины а область гладкого контакта берегов (a,b) с заранее неизвестным положением точки b (рис. 2.4).
. . . . . . . . . . . . . . .
Рис. 2.4.

Условия на интерфейсе в этом случае включают соотношения (2.38), (2.39), а также следующие граничные условия в зоне контакта:
. . . . . . . . . . . (2.40.Филипп.диссертация)
В случае термомеханического нагружения все характеристики напряженно-деформированного состояния находится суперпозицией полученных выше решений механической и температурной задач, которые для контактной модели представленные в п. 1.4 и п. 2.1.2, соответственно.
В частности, длина зоны контакта в случае термомеханического нагружения определяется из уравнения:
. . . . . . . . . . . . . . .
которое можно записать в виде:
. . . . . . . . . . . (2.41.Филипп.диссертация)
. . . . . . . . . . . . . . .
Упрощая, получаем уравнение для нахождения относительной длины зоны контакта для температурного и силового нагружений в виде:
. . . . . . . . . . . (2.42.Филипп.диссертация)
Решение уравнения (2.42) может быть найден численно, а соответствующий второй КИН определяется как сумма КИН (2.37) и (1.74).
. . . . . . . . . . . . . . .
-

-
страницы 103, 104, 105, 106, 107 диссертациии:
3.3. Внешняя электроизолированная трещина:
3.3.1. Постановка задачи и построение основных соотношений:
Рассмотрим теперь задачу, аналогичную предыдущей главе, но в предположении, что трещина электроизолирована, то есть силовые линии электрического поля тормозятся заполнителем трещины. Тоесть считаем, что две разнородные пьезоэлектрические полуплоскости жестко сцеплены по отрезку (с,а) линии раздела материалов (интерфейса), а на части интерфейса, которая осталась, образовались две внешние трещины (рис. 3.7), которые считаем электроизолированными.
. . . . . . . . . . .
Рис. 3.7.

Аналогично предыдущей главе считаем, что возле правой верщины трещины х = а имеет место зона гладкого безфрикционного контакта [a,b], а открытые части трещины, как и раньше, обозначаем через L = (x < c, x > b).
Базируемся на следующих представлениях производной от скачка перемещений [v''(x)] и вектора напряжений t(x, 0) полученных в главе 3, п. 3.1:
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . (3.55.Филипп.диссертация)
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . (3.56.Филипп.диссертация)
. . . . . . . . . . .
W(z) - вектор-функция комплексной переменной.
Введем новую вектор-функцию:
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . (3.57.Филипп.диссертация)
Тогда
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . (3.58.Филипп.диссертация)
и из (3.55) и (3.56) получим соотношения:
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . (3.59.Филипп.диссертация)
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . (3.60.Филипп.диссертация)
. . . . . . . . . . .
причем все q\_{ij}, как и раньше, - действительные для пьезоэлектриков класса 6mm.
Проведем далее преобразования уравнений (3.59), (3.60) аналогично работе [88].
Рассмотрим произвольную матрицу-ленту S и произведение S[V''(x)], которое, используя (3.60) и выражения для Q, может быть записано в виде:
. . . . . . . . . . .
Вводя новую функцию F(z) = УO(z), где У = SQ и требуя, чтобы
. . . . . . . . . . .
получим:
. . . . . . . . . . .
где гамма и S^{T} - собственное значение и собственный вектор системы:
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . (3.61.Филипп.диссертация)
Корни уравнения
. . . . . . . . . . .
имеют вид:
. . . . . . . . . . .
Придерживаясь далее методики [88], получим, что при дельта^2 > 0 верные следующие представления:
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . (3.62.Филипп.диссертация)
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . (3.63.Филипп.диссертация)
. . . . . . . . . . .
причем m\_{jl}, n\_{jl} (j, l = 1, 3, 4) - действительные величины; S\_j и gamma\_j являются собственными векторами и собственными значениями, которые находим из системы (3.61).
Допустим реперь, что на берегах трещины кроме сосредоточенных сил задана также сосредоточенная электрическая индукция интенсивности d0 (рис. 3.7). Тогда условия на интерфейсе имеют вид:
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . (3.64.Филипп.диссертация)
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . (3.65.Филипп.диссертация)
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . (3.66.Филипп.диссертация)
Принимая во внимание отсутствие каких-либо возмущений при z, стремящемся к бесконечности, условие на бесконечности имеет вид:
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . (3.67.Филипп.диссертация)
Удовлетворяя при помощи соотношений (3.62), (3.63) условиям на интерфейсе, приходим к следующим уравнениям:
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . (3.68.Филипп.диссертация)
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . (3.69.Филипп.диссертация)
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . (3.70.Филипп.диссертация)
. . . . . . . . . . .
Полученная задача линейного сопряжения представляет собой комбинированную краевую задачу Дирихле-Римана, которая уже рассматривалась в п. 3.2.2. Ее решение для j = 1 имеет вид:
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . (3.71.Филипп.диссертация)
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . (3.72.Филипп.диссертация)
. . . . . . . . . . .
Поскольку при j = 4 справедливо: gamma\_4 = 1, epsilon = 0, m\_{41} = 0, то выражение для функции F\_4(z) зпаишется в виде:
. . . . . . . . . . .
В заключение этого параграфа отметим, что в отличие от электропроводной трещины, решения комбинированной краевой задачи Дирихле-Римана следует разыскивать как при j = 1, так и при j = 4. Тоесть, полное решение может быть построено путем совместного использования функций F\_1(z) и F\_4(z).

страницы 45, 46 диссертации:
Таблица 1.5
Изменение относительной длины зоны контакта с номером нуль в зависимости от соотношения Р1/Р2 =< 0 сосредоточенных сил и точки их приложения для биматериала III
(d-a)/(a-c) Р1/Р2 -100 -10 -5 -2 -1 0
0.5 0.489 0.412 0.32 0.0836 0.0132 1.32\*10^{-4},
1 0.924 0.85 0.571 0.131 0.0199 1.97\*10^{-4},
2 1.99 1.58 0.941 0.182 0.0267 2.63\*10^{-4}.
-
Р2 = 1 в этом случае. Об этом было сказано на защите диссертации и указано на плакате на защите диссертации.
-
Таблица 1.6
Изменение относительной длины зоны контакта с номером нуль в зависимости от соотношения Р1/Р2 > 0 сосредоточенных сил и точки их приложения для биматериала III
(d-a)/(a-c) Р1/Р2: 1 2 5 10 100
0.25 7.85\*10^{-7}, 1.19\*10^{-7}, 2.49\*10^{-8}, 1.4\*10^{-8}, 8.27\*10^{-9},
0.5 1.31\*10^{-6}, 1.98\*10^{-7}, 4.14\*10^{-8}, 2.33\*10^{-8}, 1.38\*10^{-8},
1 1.96\*10^{-6}, 2.97\*10^{-7}, 6.21\*10^{-8}, 3.5\*10^{-8}, 2.07\*10^{-8},
2 2.62\*10^{-6}, 3.96\*10^{-7}, 8.29\*10^{-8}, 4.67\*10^{-8}, 2.76\*10^{-8}.
-
Таблица 1.7
Изменение КИН k2 в зависимости от соотношения Р1/Р2 =< 0 сосредоточенных сил и точки их приложения для биматериала I
(d-a)/(a-c) Р1/Р2 -100 -10 -5 -2 -1 0
0.25 -126.831, -12.746, -6.467, -2.837, -1.794, -1.268,
0.5 -98.243, -9.873, -5.009, -2.197, -1.389, -0.982,
1 -80.215, -8.061, -4.09, -1.794, -1.134, -0.802,
2 -69.468, -6.981, -3.542, -1.553, -0.982, -0.695.
-
Р2 = 1 в этом случае. Это было указано на плакате на защите диссертации.
-
Таблица 1.8
Изменение КИН k2 в зависимости от соотношения Р1/Р2 =< 0 сосредоточенных сил и точки их приложения для биматериала II
(d-a)/(a-c) Р1/Р2 -100 -10 -5 -2 -1 0
0.25 -126.606, -12.83, -6.665, -3.281, -2.441, -2.087,
0.5 -98.068, -9.938, -5.162, -2.542, -1.891, -1.617,
1 -80.073, -8.114, -4.215, -2.075, -1.544, -1.32,
2 -69.345, -7.027, -3.65, -1.797, -1.337, -1.143.
-
Р2 = 1 в этом случае. Это было указано на плакате на защите диссертации.
-
Таблица 1.9
Изменение КИН k2 в зависимости от соотношения Р1/Р2 =< 0 сосредоточенных сил и точки их приложения для биматериала III
(d-a)/(a-c) Р1/Р2 -100 -10 -5 -2 -1 0
0.25 -144.657, -14.537, -7.376, -3.234, -2.046, -1.446,
0.5 -112.051, -11.26, -5.713, -2.505, -1.585, -1.12,
1 -91.489, -9.194, -4.665, -2.046, -1.294, -0.915,
2 -79.232, -7.962, -4.04, -1.772, -1.12, -0.792.
-
Р2 = 1 в этом случае. Это было указано на плакате на защите диссертации.
-

страницы 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65 диссертации:

Глава 2:
Термоупругая задача для внешней межфазной трещины с зоной контакта в анизотропном биматериале:
2.1. Внешняя межфазная трещина в биматериальном пространстве под действием температурного поля:
2.1.1. Постановка задачи. Анализ осцилляционной модели для внешней трещины под действием температурного поля:
Рассмотрим две разнородные ортотропные полуплоскости с соответствующими характеристиками, которые в области раздела материалов имеют участки жесткого сцепления, открытые участки, которые отвечают трещинам, и, кроме того, они так же могут иметь участки бесфрекционного контакта. Будем считать, что полуплоскости нагреты (охлаждены) на температуру Т по сравнению с нормальной.
Используем подход Вольтера для температурных напряжений и перемещений.
. . . . . . . . . . . . .
Считая что полуплоскости связаны на отдельных участках, получаем, что условия совместности перемещений могут быть выполнены за счет наложения упругого решения u так, что на указанных участках при y = 0:
. . . . . . . . . . . (2.1.Филипп.диссертация)
. . . . . . . . . . . (2.2.Филипп.диссертация)
У главе 1, п. 1.2 получены следующие выражения для вектора напряжений t(x,0) и производной от перемещений [u''(x,0)] на интерфейсе:
. . . . . . . . . . . (2.3.Филипп.диссертация)
. . . . . . . . . . . (2.4.Филипп.диссертация)
. . . . . . . . . . . . .
W(z) - вектор-функция комплексной переменной z, которая аналитическая в каждой полуплоскости, включая сцепленные участки интерфейса,
G - биматериальная матрица, элементы которой определяются упругими свойствами материалов.
Преобразовывая соотношения (2.3), (2.4) аналогично п. 1.2, то есть вводя вектор-функцию R(z), аналитическую в каждой полуплоскости, по правилу:
. . . . . . . . . . . (2.5.Филипп.диссертация)
соотношения (2.3), (2.4) запишем в виде:
. . . . . . . . . . . (2.6.Филипп.диссертация)
. . . . . . . . . . . (2.7.Филипп.диссертация)
. . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . (2.8.Филипп.диссертация)
. . . . . . . . . . . . .
R(z) = 0 на бесконечности (2.9.Филипп.диссертация)
Последнее соотношение можно рассматривать как условие на бесконечности по тоношению к неизвестной вектор-функции задачи (2.8).
Рассмотрим сначала осцилляционную модель внешней трещины.
Пусть имеет место плоская деформация и ортотропные полуплоскости, которые представляют собой характерное поперечное сечение, сцеплены на участке c<x<a, y = 0, а на другой части интерфейса x<c, y = 0 и x>a, y = 0 расположены две внешние трещины (рис. 2.1).
Считаем как и раньше, что полуплоскости нагреты (охлаждены) на температуру Т в сравнению с нормальной. Тогда, допуская, что трещины открыты, условия на интерфейсе для поставленной задачи имеют вид:
. . . . . . . . . . . (2.10.Филипп.диссертация)
Комбинируя уравнения (2.6) и (2.7) приходим к соотношениям аналогичных (1.47), (1.48). Для удобства приведем их здесь:
. . . . . . . . . . . (2.11.Филипп.диссертация)
. . . . . . . . . . . (2.12.Филипп.диссертация)
. . . . . . . . . . . . .
Учитывая то, что функции W(z), R(z), F(z) построены с учетом непрерывности напряжений при переходе через интерфейс и удовлетворяя с помощью соотношений (2.11), (2.12) первому и второму условиям (2.10) приходим к следующей задаче линейного сопряжения для функции F(z)
. . . . . . . . . . . (2.13.Филипп.диссертация)
с условием на бесконечности
. . . . . . . . . . . . .
Из соотношений (2.11), (2.12) использованы только соотношения с индексом j = 1, чего вполне достаточно для получения необходимых результатов.
На основании [29] решение задачи (2.13) имеет вид:
. . . . . . . . . . . . .
Вычисление последнего интеграла и удовлетворения условий на бесконечности приводит к формуле:
. . . . . . . . . . . (2.14.Филипп.диссертация)
. . . . . . . . . . . . .
Следующее использование формулы (2.12) с учетом условия . . . . . . . . . . . . . дает выражение для скачка производной от перемещений при переходе через интерфейс:
. . . . . . . . . . . . .
После подстановки выражения для F(z) имеем:
. . . . . . . . . . . (2.15.Филипп.диссертация)
Анализ последнего соотношения показывает, что при х, стремящегося к нулю справа, правая часть этого выражения бесконечное количество раз меняет знак, то есть для такой модели трещины и в термоупругом случае возникла осциллирующая особенность [112], которая характеризуется физически нереальным взаимопроникновением материалов.
Рассмотрим поэтому контактную модель, о которой уже шла речь в предыдущей главе.

2.1.2. Основные соотношения контактной модели:
Для устранения осциллирующей особенности рассмотрим уточненную модель правой трещины, которая допускает, что вблизи ее вершины а имеет место область гладкого контакта берегов (a,b) с заранее неизвестным положением точки b (рис. 2.2).
. . . . . . . . . . . . .
Условия на интерфейсе в этом случае кроме соотношений (2.10) включают:
. . . . . . . . . . . (2.16.Филипп.диссертация)
Условия (2.16) удовлетворяем при помощи соотношений (2.11), (2.12). Проводя анализ аналогичный соотношениям (1.57), (1.58) главы 1, получаем:
. . . . . . . . . . . . .
Таким образом, с учетом условия (2.13) на [c,a] получена следующая комбинированная краевая задача Дирихле-Римана:
. . . . . . . . . . . (2.17.Филипп.диссертация)
. . . . . . . . . . . (2.18.Филипп.диссертация)
с таким условием на бесконечности:
F(z) = 0 на бесконечности (2.19.Филипп.диссертация)
Для построения решения этой задачи введем новую функцию
. . . . . . . . . . . . .
Тогда задача (2.17) - (2.19) принимает вид:
. . . . . . . . . . . (2.20.Филипп.диссертация)
. . . . . . . . . . . (2.21.Филипп.диссертация)
. . . . . . . . . . . (2.22.Филипп.диссертация)
Введем замену:
. . . . . . . . . . . . .
и учитывая то, что
. . . . . . . . . . . . .
приходим к задаче:
. . . . . . . . . . . (2.23.Филипп.диссертация)
. . . . . . . . . . . (2.24.Филипп.диссертация)
. . . . . . . . . . . (2.25.Филипп.диссертация)
Решение данной задачи, полученное аналогично работам [35], [85], в данном случае имеет вид:
. . . . . . . . . . . (2.26.Филипп.диссертация)
. . . . . . . . . . . (2.27.Филипп.диссертация)
. . . . . . . . . . . (2.28.Филипп.диссертация)
Произвольные константы определяются условиями на бесконечности и выражаются формулами:
. . . . . . . . . . . (2.29.Филипп.диссертация)
. . . . . . . . . . . (2.30.Филипп.диссертация)
Из формулы (2.12) имеем:
. . . . . . . . . . . . .
Принимая во внимание, что для x>b, . . . . . . . . . . . . ., имеем:
. . . . . . . . . . . . .
Подставляя далее выражение (2.26) и выполняя преобразования, получаем:
. . . . . . . . . . . (2.31.Филипп.диссертация)
Несложный аналитический анализ показывает, что при b, стремящемся к a, формулы (2.30), (2.31) сводятся к формулам (2.14), (2.15) осцилляционной модели, что свидетельствует о правильности результатов, полученных для контактной модели.
Рассмотрим далее определение реальной длины зоны контакта, а также коэффициентов интенсивности напряжений в случае температурного нагружения.
Решение (2.26), (2.30) является математически корректным для любого положения точки b. Однако оно будет физически корректным, если будут выполнены дополнительные условия (1.69), которые перепишем здесь для удобства:
. . . . . . . . . . . . .
Из анализа полученного решения вытекает, что последние условия будут выполнены, если трещина в точке b закрывается плавно, то есть
. . . . . . . . . . . . .
Используя в последнем выражении формулу (2.31), а также принимая во внимание, что P(b) = 0, приходим к следующему уравнению:
. . . . . . . . . . . (2.32.Филипп.диссертация)
Обозначая через l = a - c длину участка сцепления. . . . ., с учетом формулы (2.29) уравнение (2.32) запишем в виде:
. . . . . . . . . . . (2.33.Филипп.диссертация)
Уравнение (2.33) является трансцендентным уравнением для определения относительной длины области контакта.
В случае малых длин области контакта, уравнение (2.33) допускает следующее приближенное решение:
. . . . . . . . . . . . .
причем k нужно выбирать так, чтобы обеспечить выполнение вышеуказанных неравенств.
Найдем теперь коэффициенты интенсивности напряжений (КИН), которые определяют возможность развития трещины. Как уже отмечалось, в случае контактной модели таким КИН является:
. . . . . . . . . . . (2.34.Филипп.диссертация)
Из-за того, что
. . . . . . . . . . . . .,
из формулы (2.11) получаем:
. . . . . . . . . . . . .
Тогда с учетом (2.26) выражение для второго КИН можно записать так:
. . . . . . . . . . . (2.35.Филипп.диссертация)
Принимая далее во внимание формулы (2.27), (2.28), получаем:
. . . . . . . . . . . (2.36.Филипп.диссертация)
Подставляя Q(a) из формул (2.26), (2.29) и учитывая уравнение (2.33), получаем:
. . . . . . . . . . . . .
С учетом уравнения (2.23) и того, что
. . . . . . . . . . . . .
окончательно, путем несложных преобразований, получим:
. . . . . . . . . . . (2.37.Филипп.диссертация)
Таким образом, в качестве решения поставленной задачи получены довольно простые трансцендентное уравнение (2.23) и формула (2.37) для определения второго КИН.

-

страницы 71, 72, 74 диссертации:
2.3. Анализ результатов и выводы:
Проведем численный анализ аналитических решений полученных для термоупругой задачи в предыдущих параграфах этой главы.
На рис. 2.5 для с = -1м, а = 1м, d = 1.5м, Т = 100 градусов Цельсия, Р1 = 0 приведены значения относительных длин области контакта лямбда\_0 в зависимости от величины Р2, а на рис. 2.6 для тех же значений с, а, d и Р2 = 10^7 Н/м, Р1 = 0 приведены зависимости лямбда\_0 от величины Т.
Выбирались те же биматериалы, що и в главе 1, то есть:
Биматериал I: mu^(1) = 33.45\*10^9 Н/м^2, nu^(1) = 0.32 (алюминий),
mu^(2) = 75.75\*10^9 Н/м^2, nu^(2) = 0.32 (медь), гамма = 0.814, эпсилон = -0.033,
альфа^(1)\_{11} = 125\*10^{-7} град^{-1}, альфа^(2)\_{11} = 165\*10^{-7} град^{-1}.
Биматериал II: C^(1)\_{11} = 26.6C^(1)\_{66}, C^(1)\_{12 } = 3.15C^(1)\_{66}, C^(1)\_{22 } = 3.6C^(1)\_{66}, C^(1)\_{66 } = 33.45\*10^9,
C^(2)\_{11} = 26.6C^(2)\_{66}, C^(2)\_{12} = 3.15C^(2)\_{66}, C^(2)\_{22} = 3.6C^(2)\_{66}, C^(2)\_{66} = 75.75\*10^9
(комбинация ортотропных материалов), гамма = 0.848, эпсилон = -0.026,
альфа^(1)\_{11} = 114\*10^{-7} град^{-1}, альфа^(2)\_{11} = 154\*10^{-7} град^{-1}.
Биматериал III: mu^(1) = 33.45\*10^9 Н/м^2, nu^(1) = 0.02,
mu^(2) = 1000\*mu^(1), nu^(2) = 0.3, гамма = 0.343, эпсилон = -0.17,
альфа^(1)\_{11} = 125\*10^{-7} град^{-1}, альфа^(2)\_{11} = 165\*10^{-7} град^{-1}.
Кривые I, II, III на рис. 2.5 и 2.6 построены для биматериалов I, II, III соответственно.
В табл. 2.1 для тех же значений c, a, d, T = 100 градусов Цельсия, Р1 = - Р2 приведены значения относительных длин области контакта лямбда\_0 в зависимости от величины Р2.
В табл. 2.2 для тех же значений c, a, d, Р2 = 10^7 Н/м, Р1 = - Р2 приведены значения относительных длин области контакта лямбда\_0 в зависимости от величины Т.
Столбцы I, II, III в табл. 2.1 и 2.2 обозначают биматериалы I, II, III соотвественно.
На рис. 2.7 приведены значения нормированных КИН k2/k20, которые соотыетстыуют значениям входных параметров и зон контакта с рис. 2.5, а на рис. 2.8 приведены значения КИН k2/k20, соответствующие рис. 2.6. При этом величина k20 для рис. 2.7 и рис. 2.8 равна 76.2 Н/м^{3/2} и 36.6 Н/м^{3/2}, соответственно.
Из полученных результатов видно, что зона контакта и соответствующее сдвиговое напряжение существенно зависят от температуры. При этом из анализа последгих строк таблицы 2.2, а также результатов, полученных для других значений коэффициентов Р1/Р2 вытекает, что при значительном температурном поле длины зон контакта сближаются стремясь к одному и тому же значения, котрое соответствует чисто температурному нагружению и определяется корнем уравнения (2.33). Такой же вывод справедлив и по отношению к сдвиговому напряжению.
. . . . . . . . . . .
Зависимости относительных длин области контакта лямбда\_0 от величины Р2 при Т = 100 градусов цельсия и Р1 = - Р2
Р2, Н/м: I, II, III:
10^7, 2.01\*10^{-4}, 7.73\*10^{-4}, 1.13\*10^{-1},
2\*10^7, 3.2\*10^{-6}, 5.15\*10^{-6}, 6.0\*10^{-2},
4\*10^7, 5.4\*10^{-8}, 5.6\*10^{-9}, 3.04\*10^{-2},
6\*10^7, 7.5\*10^{-9}, 8.03\*10^{-11}, 2.16\*10^{-2},
8\*10^7, 2.37\*10^{-9}, 4.74\*10^{-12}, 1.75\*10^{-2},
10^8, 1.11\*10^{-9}, 6.41\*10^{-13}, 1.53\*10^{-2},
2\*10^8, 2.09\*10^{-10}, 5.0\*10^{-15}, 1.13\*10^{-2},
4\*10^8, 8.3\*10^{-11}, 2.67\*10^{-16}, 9.47\*10^{-3},
6\*10^8, 6.01\*10^{-11}, 9.25\*10^{-17}, 8.91\*10^{-3},
8\*10^8, 5.11\*10^{-11}, 5.36\*10^{-17}, 8.64\*10^{-3},
10^9, 4.62\*10^{-11}, 3.84\*10^{-17}, 8.48\*10^{-3}.
-
Зависимости относительных длин области контакта лямбда\_0 от величины Т при Р2=10^7 Н/м и Р1 = - Р2
Т, град Ц: I, II, III:
20, 1.73\*10^{-8}, 5.32\*10^{-10}, 2.5\*10^{-2},
40, 8.08\*10^{-7}, 6.65\*10^{-7}, 4.8\*10^{-2},
50, 3.2\*10^{-6}, 5.15\*10^{-6}, 6.0\*10^{-2},
60, 9.9\*10^{-6}, 2.37\*10^{-5}, 7.18\*10^{-2},
80, 5.64\*10^{-5}, 1.95\*10^{-4}, 9.38\*10^{-2},
100, 2.01\*10^{-4}, 7.73\*10^{-4}, 1.13\*10^{-1},
150, 1.55\*10^{-3}, 5.56\*10^{-3}, 1.51\*10^{-1},
170, 2.68\*10^{-3}, 9.02\*10^{-3}, 1.63\*10^{-1},
190, 4.21\*10^{-3}, 1.33\*10^{-2}, 1.72\*10^{-1},
200, 5.12\*10^{-3}, 1.56\*10^{-2}, 1.77\*10^{-1},
300, 1.92\*10^{-2}, 4.48\*10^{-2}, 2.06\*10^{-1}.
-
. . . . . . . . . . .
-

страницы 77, 78, 79 диссертации:
Выводы к главе 2:
Во второй главе рассмотрена внешняя межфазная трещина в биматериальном пространстве под действием температурного поля. Проведен анализ классической и контактной модели этой задачи. Также изучена внешняя межфазная трещина под действием температурного поля и сосредоточенных сил в классической и контактной постановке. Учтено влияние температурного поля на длину зоны контакта и соответвствующие коэффициенты интенсивности сдвигового напряжения. Получено трансцендентное уравнение для определения длины зоны контакта как для чисто температурной задачи так и для термоупругой задачи, а также найдены явные выражения напряжений и их коэффициентов интенсивности. Проведен численный анализ полученных результатов. Исследованы зависимости величин зон контакта и КИН от нагружения и термоупругих характеристик материала.

Глава 3.
Анализ внешней межфазной трещины в пьезоэлектрическом материале:
3.1. Основные соотношения электроупругости для пьезоэлектрического материала:
В разных областях машиностроения, автоматики, вычислительной техники важное прикладное значение имеют функциональные элементы, основанные на использовании пьезоэлектриков. Пьезоэлектрики - это материалы, в которых возникает такое явление как пьезоэффект. Оно характеризуется тем, что при деформировании кристаллов некоторых кристаллографических классов на их поверхностях появляются электрические заряды, пропорциональные деформации. Имеет место также и противоположная ситуация, связанная с возникновением деформации под действием электрического поля. Характерной особенностью пьезоэффекта является его связь со свойствами кристаллической решетки и, как следствие, с симметрией кристалла.
В начале 50-х годов 20-го столетия были созданы искусственные пьезоэлектрические материалы, которые представляли собой поликристаллический твердый расствор монокристаллов, вектор поляризации которых ориентирован сильным внешним электрическим полем. Такие материалы обычно называются пьезокерамиками. Так как они имели лучшие свойства по сравнению с традиционными монокристаллами, пьезокерамика стала одним из основных материалов для конструирования пьезоэлементов разного назначения.
Для стационарных процессов при отутствии массовых сил и свободных зарядов определяющие соотношения для линейных пьезоэлектрических материалов на основе соотношений [4, 42] можно представить в виде:
. . . . . . . . . . . (3.1.Филипп.диссертация)
. . . . . . . . . . . (3.2.Филипп.диссертация)
. . . . . . . . . . . (3.3.Филипп.диссертация)
. . . . . . . . . . . (3.4.Филипп.диссертация)
В соотношениях (3.2) - (3.3) u, ф, сигма, D - упругие перемещения, электрический потенциал, напряжения и электрические сомещения, соответственно. В соотношениях (3.4) C, e, эпсилон - упругие модули, пьезоэлектрические и диэлектрические константы, соответственно.
В вышезаписанных соотношениях маленькие индексы изменяются от 1 до 3, большие индексы изменяются от 1 до 4. Имеет место также суммирование по повторным индексам.
Предполагая, что все компоненты не зависят от второй координаты, решение уравнений (3.1) согласно методу предложенном в [80], может быть дано в виде [101]
V = a f(z), (3.5.Филипп.диссертация)
. . . . . . . . . . .
где f - произвольная четырех компонентная вектор-функция.
Вектор а может быть найден из соотношения:
. . . . . . . . . . .

-

страницы 80, 81, 82, 83 диссертации:
. . . . . . . . . . . (3.6.Филипп.диссертация)
Элементы матриц M, R, T размерности 4х4 определены как:
. . . . . . . . . . . (3.7.Филипп.диссертация)
Нетривиальное решение системы уравнений (3.6.Филипп.диссертация) существует, если р является корнем уравнения:
det[M + p(R + 1/R) + p p T] = 0. (3.8.Филипп.диссертация)
Поскольку уравнение (3.8) имеет мнимые корни [109], обозначим корни (3.8) с положительными мнимыми частями как р, а собственные векторы системы как а.
Наиболее общее решение уравнений (3.1) может быть представлена как [109]
. . . . . . . . . . . (3.9.Филипп.диссертация)
где А - матрица, столбцами которой являются собственные векторы системы (3.6), f(z) - произвольная вектор-функция комплекной переменной z.
Вводя вектор t:
. . . . . . . . . . . (3.10.Филипп.диссертация)
и используя первое соотношение из (3.1), этот вектор может быть записан в виде:
. . . . . . . . . . . (3.11.Филипп.диссертация)
. . . . . . . . . . . (3.12.Филипп.диссертация)
. . . . . . . . . . . (3.13.Филипп.диссертация)
Рассмотрим теперь биматериальное пространство, сложенный из двух разных анизотропных пьезоэлектрических полупространств, со свойствами определенными соответствующими матрицами Е. Поперечное сечение такого композита, ортогональное ко второй оси, изображено на рис. 3.1.
. . . . . . . . . .
Рис. 3.1.

Будем считать, что вектор t является екпрерывным вдоль всего интерфейса, а часть L интерфейса находится в условиях идеального электромеханического контакта. Тоесть:
. . . . . . . . . . . (3.14.Филипп.диссертация)
. . . . . . . . . . . (3.15.Филипп.диссертация)
В этом случае согласно уравнениям (3.9) и (3.11) решение уравнений (3.1) может быть записано для каждой области в виде:
. . . . . . . . . . . (3.16.Филипп.диссертация)
. . . . . . . . . . . (3.17.Филипп.диссертация)
где j = 1 для x > 0 и j =2 для x < 0; вектор-функции f(z) - аналитические в верхней (x > 0) и нижней (x < 0) полуплоскостях, соответственно.
Используя (3.17), и граничное условие (3.14), имеем:
. . . . . . . . . . . (3.18.Филипп.диссертация)
Левая части уравнения (3.18) является граничным значением аналитической функции в области x > 0, а правая часть уравнения (3.18) является также граничным значением аналитической функции в области x < 0.
Соотношение (3.18) показывает, что обе функции могут быть аналитически продолжены на целую плоскость. Таким образом они равны для x > 0 и x < 0, соотвестственно, некоторой функции M(z) аналитической в целой плоскости.
Принимая во внимание, что напряжения ограничены на бесконечности, из уравнения (3.17) имеем:
M(z) = M = const при z, стремящемся к бесконечности,
где М - произвольный постоянный вектор.
Соотношение M(z) = M справедливо во всей плоскости. Из этого вытекает, что из соотношения (3.18) имеем:
. . . . . . . . . . . (3.19.Филипп.диссертация)
Принимая во внимание, что собственное значение найдено, и учитывая, что матрицы в соотношении (3.19) не сингулярные, имеем:
. . . . . . . . . . . (3.20.Филипп.диссертация)
Поскольку f''(z) произвольные функции, то выбирая M = 0, получаем уравнения (3.20) в виде:
. . . . . . . . . . . (3.21.Филипп.диссертация)
Вводя следущий вектор:
. . . . . . . . . . . (3.22.Филипп.диссертация)
и принимая во внимание соотношения (3.16) и (3.21), производная от вектора скачка перемещений и электрического потенциала через интерфейс может быть записана в виде:
. . . . . . . . . . . (3.23.Филипп.диссертация)
. . . . . . . . . .

-
страницы 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92 диссертации:
. . . . . . . . . . . . . . .
Тогда на основании соотношения (3.17), вектор t на межфазной границе может быть записан следующим образом:
. . . . . . . . . . . (3.24.Филипп.диссертация)
Введем вектор-функцию W(z) по формуле:
. . . . . . . . . . . (3.25.Филипп.диссертация)
Тогда получим следующие формулы для производной от перемещений и вектора напряжений:
. . . . . . . . . . . (3.26.Филипп.диссертация)
. . . . . . . . . . . (3.27.Филипп.диссертация)
Из соотношений (3.25), (3.26) и (3.15) вытекает, что вектор-функция W(z) аналитическая в каждой полуплоскости включая сцепленные участки интерфейса.
Представления (3.26), (3.27) являются очень удобными для решения разных смешанных задач для пьезоэлектрического биматериала путем сведения их к задачам линейного сопряжения Гильберта или Дирихле-Римана.
Далее будем рассматривать пьезоэлектрические материалы гексагонального класса симметрии 6mm, которые имеют большое практическое значение - это так называемая поляризованная керамика. В этом случае для всех полей, которые не зависят от второй координаты, перемещение V\_2 вектор-функции V становится независимым в плоскости первой и третьей координат - от первой, третьей и четвертой компонент V. Принимая во внимание, что нахождение V\_2 сводится к решению достаточно простой антиплоской задачи, наше внимание сосредоточим на плоской задаче относительно первой, третьей и четвертой компонент V.
В этом случае согласно [42] введем такие обозначения:
. . . . . . . . . . . . . . .
Таким образом, уравнения (3.6) могут быть переписаны в следующем развернутом виде:
. . . . . . . . . . . (3.28.Филипп.диссертация)
а для соответствующих собственных значений с положительной мнимой частью, имеем:
Компоненты матрицы В имеют вид:
. . . . . . . . . . . . . . .
Биматериальная матрица G размера 3х3 определяется через найденные для каждого материала матрицы А и В по полученным выше формулам:
. . . . . . . . . . . . . . .
и имеет следующую структуру:
. . . . . . . . . . . . . . .
причем, как показывает численный анализ, все компоненты g для пьезоэлектрических материалов гексагонального класса 6mm, действительные.
Соотношения (3.26), (3.27), в которых матрица G имеет вышеуказанные свойства являются достаточно удобными для формулировки задач линейного сопряжения при конкретных условиях на линии раздела материалов, в частности при исследовании межфазных трещин с зонами контакта.

3.2. Внешняя электро-проводная трещина в пьезоэлектрическом биматериале:
3.2.1. Постановака задачи. Анализ осцилляционной модели:
Рассматриваются две разнородные пьезоэлектрические полуплоскости, которые жестко сцеплены по отрезку (с,а) линии раздела материалов (интерфейса). На оставшейся части интерфейса имеют место две внешних трещины (рис. 3.2).
. . . . . . . . . . . . . . .
Рис. 3.2.

Условия на интерфейсе имеют вид:
. . . . . . . . . . . (3.29.Филипп.диссертация)
. . . . . . . . . . . (3.30.Филипп.диссертация)
Введем новые векторы:
. . . . . . . . . . . . . . .
тогда на основании (3.26), (3.27) имеем:
. . . . . . . . . . . (3.31.Филипп.диссертация)
. . . . . . . . . . . (3.32.Филипп.диссертация)
. . . . . . . . . . . . . . .
Вводя новую вектор-функцию:
. . . . . . . . . . . . . . .
получим:
. . . . . . . . . . . . . . .
Тогда из (3.31) и (3.32) имеем:
. . . . . . . . . . . (3.33.Филипп.диссертация)
. . . . . . . . . . . (3.34.Филипп.диссертация)
. . . . . . . . . . . . . . .
причем марица Q иммет такую структуру:
. . . . . . . . . . . . . . .
и, как показывает анализ, все q - действительны.
Из (3.33) видно, что R(z) аналитическая на тех участках интерфейса, на которых P(x) = 0.
. . . . . . . . . . . . . . .
[ф''] = 0
. . . . . . . . . . . . . . .
на бесконечности все факторы равны нулю
. . . . . . . . . . . . . . .
Запишем соотношение (3.34) в развернутом виде
. . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . (3.35.Филипп.диссертация)
Комбинируя первое и второе уравнение (3.35) имеем:
. . . . . . . . . . . (3.36.Филипп.диссертация)
. . . . . . . . . . . (3.37.Филипп.диссертация)
. . . . . . . . . . . . . . .
Уравнения (3.33) и (3.37) дадут:
. . . . . . . . . . . (3.38.Филипп.диссертация)
Из соотношений (3.35) с учетом (3.33) вытекает следующее выражение для нормальной составляющей вектора электрической индукции на интерфейсе:
. . . . . . . . . . . . . . .
Принимая во внимание, что функции W(z), R(z) и F(z) построены с учетом непрерывности напряжений при переходе через интерфейс и удовлетворяя при помощи соотношений (3.36), (3.38) условиям (3.29) и (3.30), приходим к следующей задаче линейного сопряжения для функции F(z)
. . . . . . . . . . . (3.39.Филипп.диссертация)
. . . . . . . . . . . . . . .
Следует отметить, что из соотношений (3.36), (3.38) использованы только уравнения с индексом j = 1, которых достаточно для проведения следующего анализа.
На основании [29] решение задачи (3.39) с учетом нулевых условий для функции F(z) на бесконечности имеет вид:
. . . . . . . . . . . . . . .
Вычисление последнего интеграла приводит к выражению:
. . . . . . . . . . . (3.40.Филипп.диссертация)
Следующее использование формулы (3.36) приводит к такому выражению для скачка производной при переходе через интерфейс:
. . . . . . . . . . . (3.41.Филипп.диссертация)
Принимая также во внимание, что согласно первого уравнения (3.39)
. . . . . . . . . . . . . . .,
получаем
. . . . . . . . . . . (3.42.Филипп.диссертация)
Анализ соотношений (3.41), (3.42) показывает, что при стремлении х к а справа правая часть (3.41) изменяет знак бесконечное количество раз, то есть для такой модели трещины имеет место известная осциллирующая особенность [113], которая характеризуется физически нереальным взаимопроникновением материалов. Рассмотрим поэтому далее контактную модель, в которой нет указанного недостатка.
. . . . . . . . . . . . . . .

-

страницы 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102 диссертациии:
3.2.2. Контактная модель электро-проводной трещины:
Постановка задачи здесь подобна предыдущему параграфу. Тоесть, рассматриваются две разнородные пьезоэлектрические полуплоскости, которые жестко сцеплены по отрезку (с,а) линии раздела материалов (интерфейса). На оставшихся части интерфейса образовались две внешние трещины (рис. 3.3).
. . . . . . . . . . .
Рис. 3.3.

Для устранения осциллирующей особенности рассмотрим уточненную модель правой трещины, которая допускает, что вблизи ее вершины х = а имеет место область гладкого контакта берегов (a,b) с заранее неизвестным положением точки b.
. . . . . . . . . . .
Следует отметить, что подобную зону контакта нужно было бы учесть и возле вершины левой трещины, но взаимное влияние зон контакта является малым вплоть до пренебрежения [20], поэтому с высокой степенью точности можно рассматривать каждую зону контакта отдельно.
Считается, что весь интерфейс электропроводный, тоесть [ф] = 0 для всех х.
Условия на интерфейсе в этом случае кроме соотношений (3.29) включают:
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . (3.43.Филипп.диссертация)
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . (3.44.Филипп.диссертация)
Удовлетворяя с помощью соотношений (3.25), (3.38) всем необходимым граничным условиям с (из) (3.29), (3.43), (3.44) получаем:
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . (3.45.Филипп.диссертация)
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . (3.46.Филипп.диссертация)
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . (3.47.Филипп.диссертация)
Получена задача линейного сопряжения представляет собой комбинированную комбинированную краевую задачу Дирихле-Римана. Она формально совпадает с (1.60) - (1.62), поэтому не останавливаясь на подробностях, приведем ее решение в виде:
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . (3.48.Филипп.диссертация)
С учетом того, что для х вне (c,b)
. . . . . . . . . . .,
получаем на основании формулы (3.36)
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . (3.49.Филипп.диссертация)
Проанализируем формулы (3.48), (3.49), если b стремится к а. После несложных аналитических расчетов видим, что они сводятся к формулам (3.40), (3.41) соответственно, что подтверждает правомерность полученных решений для контактной модели.
Для любого положения точки b решение (3.48) математически верное. Это решение будет физически корректным, если будут выполнены следующие дополнительные условия:
. . . . . . . . . . .,
которые имеют тот же смысл, что и (1.69). Последующий анализ здесь аналогичный соответствующему анализу п. 1.4, но здесь его приводим для удобства чтения. Из анализа полученного решения вытекает, что последние условия будут выполнены, если трещина в точке b закрывается плавно, то есть
. . . . . . . . . . .
Принимая во внимание, что пси(b), и используя формулу (3.49), приходим к такому уравнению:
. . . . . . . . . . .
Подставляя в последнее уравнение выражение для X(d) и отделяя действительную часть, получим:
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . (3.50.Филипп.диссертация)
где пси(b) может быть представлено в виде:
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . (3.51.Филипп.диссертация)
Уравнение (2.50) является трансцендентным уравнением для определения относительной длины области контакта.
. . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . (3.52.Филипп.диссертация)
. . . . . . . . . . .
Найдем теперь коэффициенты интенсивности напряжений (КИН), которые определяют возможность развития трещин. В случае контактной модели таким КИН является коэффициент интенсивности сдвигового напряжения:
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . (3.53.Филипп.диссертация)
Учитывая, что
. . . . . . . . . . .,
из формулы (3.38) получим:
. . . . . . . . . . .
Используя формулу (3.48), а также учитывая, что
. . . . . . . . . . .,
приходим к выражению:
. . . . . . . . . . .
Подставляя последнюю формулу в (3.53) и учитывая, что
. . . . . . . . . . .
имеем:
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . (3.54.Филипп.диссертация)
Путем несложных преобразований, последняя формула с учетом уравнения (3.50), дает следующее выражение:
. . . . . . . . . . .
С целью сравнения результатов, полученных с помощью двух моделей межфазной трещины, на рис. 3.4 приведены графики [u''\_3(x\_1)], полученные для осцилляционной модели на основании формулы (3.41) (пунктирная линия) и для контактной модели при лямбда = лямбда\_0 = 0.029 на основании формулы (3.49) (сплошная линия).
. . . . . . . . . . .
Рис. 3.4.

Считалось, что верхний материал PZT 4, а нижний - PZT 5 (характеристики материалов приведены в табл. 3.1), с = - 1м, а = 1м, d = 2м, Р1 = 50 Н/м, Р2 = 1 Н/м.
Следует отметить, что для биматериала PZT 4/PZT 5 матрицы G и Q, которые фигурируют в соотношениях (3.27) и (3.34) имеют вид:
. . . . . . . . . . .
Таблица 3.1:
Характеристики материалов:
PZT 4, PZT 5, стекло:
C\_{11}, Н/м^2: 13.9\*10^{10}, 12.1\*10^{10}, 5.88\*10^{10},
C\_{13}, Н/м^2: 7.43\*10^{10}, 7.52\*10^{10}, 1.47\*10^{10},
C\_{33}, Н/м^2: 11.3\*10^{10}, 11.1\*10^{10}, 5.88\*10^{10},
C\_{44}, Н/м^2: 2.56\*10^{10}, 2.11\*10^{10}, 2.21\*10^{10},
e\_{31}, Кл/м^2: -6.98, -5.4, 0,
e\_{33}, Кл/м^2: 13.84, 15.8, 0,
e\_{15}, Кл/м^2: 13.44, 12.3, 0,
эпсилон\_{11}, Ф/м: 60\*10^{-10}, 81.07\*10^{10}, 0.885\*10^{10},
эпсилон\_{33}, Ф/м: 54.7\*10^{-10}, 73.46\*10^{10}, 0.8856\*10^{10}.
Далее основное внимание уделялось контактной модели межфазной трещины. В частности, в табл. 3.2 - 3.5 для с = - 1м, а = 1м, Р2 = 1 Н/м и разных d приведены значения относительных длин области контакта лямбда\_0 в зависимости от величины Р1.
Выбирались материалы сложенные из компонент, характеристики которых приведены в табл. 3.1.
В табл. 3.2 - 3.3 приведены результаты для биматериала PZT 4/ PZT 5, для которого гамма = 1.0328, эпсилон = 0.0051.
В табл. 3.4 - 3.5 приведены результаты для PZT 4/стекло (табл. 3.1), для которго гамма = 0.7986, эпсилон = -0.0358.
На рис. 3.5 и 3.6 приведены значения КИН k2 для биматериалов PZT 4/PZT 5 и PZT 4/стекло, соответственно.
-
Из полученных результатов вытекает, что для пьезоэлектрических материалов зоны крнтакта являются, как правило, еще меньшими, чем для изотропгых или анизотропных биматериалов. Это объясняется в первую очередь малостью биматериальной константы эпсилон, что имеет место в этом случае. В то же время видно, что для некоторых значений Р1/Р2 длины зон контакта становятся сравнимыми с длиной участка сцепления [c,a]. Интересно, что возникновение такой ситуации определяется знаком эпсилон и если для эпсилон > 0 (табл. 3.2, 3.3) большая зона контакта возникает при Р1/Р2 > 0, то для эпсилон < 0 наоборот при Р1/Р2 < 0. Следует также отметить, что длина зоны контакта и величина k2 зависят также от точки приложения сосредоточенных сил, причем приближение этой точки к вершине трещины приводит к уменьшению лямбда\_0 и увеличению КИН k2.
Таблица 3.2:
Зависимости лямбда\_0 от соотношения величин сосредоточенных сил и точки их приложения Р1/Р2 =< 0 для биматериала PZT 4/PZT 5:
(d-a)/(a-c) Р1/Р2: -100, -10, -5, -2, -1, 0:
0.25: 8.51\*10^{-266}, 2.23\*10^{-258}, 2.76\*10^{-250}, 3.73\*10^{-228}, 3.96\*10^{-201}, 1.01\*10^{-133},
0.5: 1.42\*10^{-265}, 3.72\*10^{-258}, 4.59\*10^{-250}, 6.22\*10^{-228}, 6.61\*10^{-201}, 1.67\*10^{-133},
1: 2.13\*10^{-265}, 5.57\*10^{-258}, 6.89\*10^{-250}, 9.33\*10^{-228}, 9.91\*10^{-201}, 2.52\*10^{-133},
2: 2.84\*10^{-265}, 7.43\*10^{-258}, 9.19\*10^{-250}, 1.24\*10^{-227}, 1.32\*10^{-200}, 3.36\*10^{-133}.
-
Р2 = 1 в этом случае. Это было указано на плакате на защите диссертации.
-
Таблица 3.3:
Зависимости лямбда\_0 от соотношения величин сосредоточенных сил и точки их приложения Р1/Р2 > 0 для биматериала PZT 4/PZT 5:
(d-a)/(a-c) Р1/Р2: 1, 2, 5, 10, 100,
0.25: 2.56\*10^{-66}, 2.72\*10^{-39}, 3.68\*10^{-17}, 4.54\*10^{-9}, 9.9\*10^{-2},
0.5: 4.26\*10^{-66}, 4.53\*10^{-39}, 6.13\*10^{-17}, 7.57\*10^{-9}, 1.77\*10^{-1},
1: 6.39\*10^{-66}, 6.79\*10^{-39}, 9.19\*10^{-17}, 1.14\*10^{-8}, 2.91\*10^{-1},
2: 8.52\*10^{-66}, 9.05\*10^{-39}, 1.23\*10^{-16}, 1.51\*10^{-8}, 4.3\*10^{-1}.
-
Таблица 3.4:
Зависимости лямбда\_0 от соотношения величин сосредоточенных сил и точки их приложения Р1/Р2 =< 0 для биматериала PZT 4/стекло:
(d-a)/(a-c) Р1/Р2: -100, -10, -5, -2, -1, 0:
0.25: 1.55\*10^{-1}, 4.62\*10^{-2}, 3.25\*10^{-3}, 1.95\*10^{-6}, 2.49\*10^{-10}, 6.91\*10^{-20},
0.5: 4.81\*10^{-1}, 7.94\*10^{-2}, 5.43\*10^{-3}, 3.25\*10^{-6}, 4.08\*10^{-10}, 1.15\*10^{-19},
1: 9.62\*10^{-1}, 1.24\*10^{-1}, 8.17\*10^{-3}, 4.88\*10^{-6}, 6.12\*10^{-10}, 1.73\*10^{-19},
2: 1.89\*10^{-1}, 1.73\*10^{-1}, 1.09\*10^{-2}, 6.51\*10^{-6}, 8.16\*10^{-10}, 2.31\*10^{-19}.
-
Р2 = 1 в этом случае. Это было указано на плакате на защите диссертации.
-
Таблица 3.5:
Зависимости лямбда\_0 от соотношения величин сосредоточенных сил и точки их приложения Р1/Р2 > 0 для биматериала PZT 4/стекло:
(d-a)/(a-c) Р1/Р2: 1, 2, 5, 10, 100,
0.25: 1.94\*10^{-29}, 2.44\*10^{-33}, 1.46\*10^{-36}, 9.59\*10^{-38}, 7.88\*10^{-39},
0.5: 3.23\*10^{-29}, 4.06\*10^{-33}, 2.43\*10^{-36}, 1.6\*10^{-37}, 1.31\*10^{-38},
1: 4.85\*10^{-29}, 6.09\*10^{-33}, 3.65\*10^{-36}, 2.4\*10^{-37}, 1.97\*10^{-38},
2: 6.46\*10^{-29}, 8.12\*10^{-33}, 4.86\*10^{-36}, 3.2\*10^{-37}, 2.63\*10^{-38}.
. . . . . . . . . . .
Рис. 3.5.

. . . . . . . . . . .
Рис. 3.6.

-

страницы 109, 110, 111, 112, 113 диссертации:
3.3.2. Нахождение скачков от перемещений, напряжений, электрической индукции:
Найдем теперь все необходимые электромеханические факторы на основании решения предылущего пункта.
Сначала найдем перемещения на участке x>b.
. . . . . . . . . . . . ., на основании формулы (3.62) получим:
. . . . . . . . . . . (3.73.Филипп.диссертация)
В результате преобразований и отделения действительной и мнимой части, приходим к соотношениям:
. . . . . . . . . . . (3.74.Филипп.диссертация)
. . . . . . . . . . . (3.75.Филипп.диссертация)
. . . . . . . . . . . . .
Учитывая, что при j = 4
. . . . . . . . . . . (3.76.Филипп.диссертация)
имеем:
. . . . . . . . . . . (3.77.Филипп.диссертация)
Рассматривая соотношения (3.75) и (3.77) как систему, можем найти отдельно значения для [u''(x)] и [ф''(x)] в виде:
. . . . . . . . . . . (3.78.Филипп.диссертация)
Интегрирование соотношений (3.74) и (3.78) дает выражения для скачков перемещений и электрического потенциала.
Теперь будем рассматривать участок сцепления и искать на ней напряжения и электрическую индукцию.
На основании формулы (3.63) для j = 1 и j = 4 получаем следующие соотношения:
. . . . . . . . . . . (3.79.Филипп.диссертация)
. . . . . . . . . . . (3.80.Филипп.диссертация)
Принимая во внимание, что на основании (3.68)
. . . . . . . . . . . . .
и исходя из формул (3.71) и (3.79), имеем на этом промежутке:
. . . . . . . . . . . (3.81.Филипп.диссертация)
Далее, отделяя действительную и мнимую части, имеем:
. . . . . . . . . . . (3.82.Филипп.диссертация)
. . . . . . . . . . . (3.83.Филипп.диссертация)
Исходя из формулы (3.80) и имея в виду, что
. . . . . . . . . . . . . ,
получим:
. . . . . . . . . . . (3.84.Филипп.диссертация)
Далее формулы (3.83) и (3.84) рассматриваются как система, из которой находим:
. . . . . . . . . . . (3.85.Филипп.диссертация)
Теперь рассмотрим участок проскальзывания. На нем будем находить напряжения и электрическую индукцию.
Исходим из фомул (3.79), (3.80), в которых F(x) находится по формуле (3.71). Для участка L\_2 имеют место следующие свойства функции X(x)
. . . . . . . . . . . . .
В результате преобразований и отделения действительной и мнимой части на основании (3.79) получим:
. . . . . . . . . . . (3.86.Филипп.диссертация)
Аналогично из формулы (3.80) имеем:
. . . . . . . . . . . (3.87.Филипп.диссертация)
Рассматривая (3.86), (3.87) как систему уравнений, имеем:
. . . . . . . . . . . (3.88.Филипп.диссертация)
. . . . . . . . . . . (3.89.Филипп.диссертация)
Таким образом, были найдены перемещения, напряжения и электрическая индукция на соответствующих промежутках линии раздела материалов.
. . . . . . . . . . . . .
-

-

страницы 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122 диссертации:
3.3. Анализ коэффициентов интенсивности напряжений, электрической индукции и реальной длины зоны контакта:
Рассмотрим сначала нахождение коэффициентов интенсивности (КИ) напряжений и электрической индукции. Введем следующие КИ:
. . . . . . . . . . . . . . (3.90.Филипп.диссертация)
. . . . . . . . . . . . . . (3.91.Филипп.диссертация)
. . . . . . . . . . . . . . (3.92.Филипп.диссертация)
Исходя из формул (3.91) и (3.82), и учитывая, что ф\*(а) = 0, имеем:
. . . . . . . . . . . . . . (3.93.Филипп.диссертация)
Умножим левую на правую часть соотношений (3.90), (3.92) на . . . . . . . . . . . . . ., перейдем к границе при х, стремяжемся к b слева и учтем, что ф0(b) = 0. В результате получаем:
. . . . . . . . . . . . . . (3.94.Филипп.диссертация)
. . . . . . . . . . . . . . (3.95.Филипп.диссертация)
Далее рассматривая соотношения (3.94), (3.95) как систему линейных алгебраических уравнений и решая ее, получим:
. . . . . . . . . . . . . . (3.96.Филипп.диссертация)
. . . . . . . . . . . . . . (3.97.Филипп.диссертация)
Полученное выше решение является математически справедливым для произвольного положения точки b. Однако оно будет физически корректным, если будут выполнены следующие дополнительные условия:
. . . . . . . . . . . . . . (3.98.Филипп.диссертация)
В работе [88] при рассмотрении внутренней электроизолированной межфазной трещины показано, что указанные условия будут выполнены, если b принадлежит промежутку [b1,b2], где положение точки b1 определяется из уравнения:
. . . . . . . . . . . . . . (3.99.Филипп.диссертация)
а положение точки b2 из уравнения:
k1 = 0. (3.100.Филипп.диссертация)
Подставляя формулу (3.78) в условие (3.99), и принимая во внимание, что ф(b) = 0, получим, что уравнение (3.99) может быть записано в виде:
. . . . . . . . . . . . . . (3.101.Филипп.диссертация)
а ф(d) может быть представлено таким образом:
. . . . . . . . . . . . . . (3.102.Филипп.диссертация)
Уравнение (3.101) является уравнением для нахождения относительного положения точки b1,
. . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . (3.103.Филипп.диссертация)
. . . . . . . . . . . . . .
Далее подставляя выражение (3.96) в уравнение (3.100), запишем уравнение (3.100) в виде:
. . . . . . . . . . . . . . (3.104.Филипп.диссертация)
Уравнение (3.104) и является уравнением для нахождения относительного положения точки b2,
. . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . (3.105.Филипп.диссертация)
В случае электроизолиованной трещины неравенства (3.98) однозначно не определяют положение точки b. В работе [88] при рассмотрении внутренней электроизолированной трещины показано, что это положение определяется на основании еще одного дополнительного условия, которое вытекает из теоремы о минимуме потенциальной энергии. Использование этого условия и проведение аналогии между внутренней и внешней межфазными трещинами показывают, что реальное положение точки b совпадает с b2.

Рассмотрим теперь анализ результатов.
Считалось, что верхний материал PZT 4, а нижний - PZT 5 (характеристики материалов приведены в табл. 3.1), с = - 1м, а = 1м, Р2 = 1 Н/м.
Для этих материалов гамма\_1 = 1.0305, эпсилон = 0.0048.
Для указанной пары материалов коэффициенты соотношений (3.62), (3.63), которые играют определяющую роль при нахождении всех необходимых величин имеют следующие значения:
m\_{11} = 0.7965, m\_{14} = m\_{34} = - 1.2311\*10^{-10}, m\_{31} = -0.7965, m\_{41} = 0,
m\_{44} = -5.2564\*10^{10}.
n\_{11} = 3.128\*10^{-11}, n\_{13} = -3.2536\*10^{-11}, n\_{14} = -0.0619, n\_{31} = -3.2235\*10^{-11},
n\_{33} = -3.353\*10^{-11}, n\_{34} = -0.0638, n\_{41} = 3.0667\*10^{-29}, n\_{43} = -1.5546\*10^{-11},
n\_{44} = -0.1263.
На рис. 3.8 для d = 1.5м, d\_0 = 0 приведены значения относительного положения точек b1, b2, которые определяются величинами лямбда\_1, лямбда\_2, соответственно, в зависимости от величин Р\_1.
Результаты для других значений d приведены в табл. 3.6 - 3.9.
В табл. 3.6 - 3.7 приведены результаты вычисления значений лямбда\_1, полученные при помощи уравнения (3.103), в табл. 3.8 - 3.9 даются значения лямбда\_2, полученные при помощи уравнения (3.105).
В табл. 3.10, 3.11, 3.12, 3.13 приведены значения КИ k2 (H/м^{3/2}) и k4 (Кл/м^{3/2}), соответственно, полученные для биматериала PZT 4/PZT 5 и зон контакта табл. 3.6 - 3.9 и рис. 3.8.
Анализ полученных результатов показывает, что длины зон контакта для выбранной пары материалов являются, как правило, очень малыми. Существенный рост наблюдается только для довольно больших значений коэффицинта -Р1/Р2.
Значения лямбда\_1 и лямбда\_2, а также соответствующие им коэффициенты интенсивности сдвигового напряжения и электрической индукции достаточно близки между собой во всем диапазоне изменения Р1/Р2.
Как и для электроизолированной трещины длина зоны контакта и величины КИ зависят от точки приложения сосредоточенных сил, причем приближение этой точки к вершине трещины ведет к уменьшения лямбда\_0 и увеличению коэффициентов интенсивности сдвигового напряжения и электрической индукции.
. . . . . . . . . . . . . .
Рис. 3.8.

Таблица 3.6
Зависимости относительной длины зоны контакта с номером один (лямбда\_1) от соотношения величин сосредоточенных сил и точки их приложения Р1/Р2 =< 0 для биматериала PZT 4/PZT 5
(d-a)/(a-c) Р1/Р2: -100, -10, -5, -2, -1, 0.
0.25 8.08\*10^{-285}, 1.99\*10^{-275}, 3.21\*10^{-265}, 9.76\*10^{-238}, 1.33\*10^{-205}, 2.53\*10^{-133}
0.5 1.35\*10^{-284}, 3.31\*10^{-275}, 5.35\*10^{-265}, 1.63\*10^{-237}, 2.21\*10^{-205}, 4.21\*10^{-133}
1 2.02\*10^{-284}, 4.97\*10^{-275}, 8.02\*10^{-265}, 2.44\*10^{-237}, 3.32\*10^{-205}, 6.31\*10^{-133}
2 2.69\*10^{-284}, 6.62\*10^{-275}, 1.07\*10^{-264}, 3.25\*10^{-237}, 5.38\*10^{-205}, 8.42\*10^{-133}
Р2 = 1 в этом случае. Это было указано на плакате на защите диссертации.

Таблица 3.7
Зависимости относительной длины зоны контакта с номером один (лямбда\_1) от соотношения величин сосредоточенных сил и точки их приложения Р1/Р2 > 0 для биматериала PZT 4/PZT 5
(d-a)/(a-c) Р1/Р2: 1, 2, 5, 10, 100
0.5 1.98\*10^{-66}, 1.69\*10^{-39}, 3.57\*10^{-17}, 5.7\*10^{-9}, 1.93\*10^{-1},
1 2.96\*10^{-66}, 2.54\*10^{-39}, 5.35\*10^{-17}, 8.55\*10^{-9}, 2.89\*10^{-1},
2 3.95\*10^{-66}, 3.38\*10^{-39}, 7.13\*10^{-17}, 1.14\*10^{-8}, 3.86\*10^{-1},
-
Таблица 3.8
Зависимости относительной длины зоны контакта с номером 2 (лямбда\_2) от соотношения величин сосредоточенных сил и точки их приложения Р1/Р2 =< 0 для биматериала PZT 4/PZT 5
(d-a)/(a-c) Р1/Р2: -100, -10, -5, -2, -1, 0.
0.25 1.06\*10^{-284}, 2.9\*10^{-274}, 6.3\*10^{-263}, 1.57\*10^{-232}, 1.99\*10^{-197}, 6.77\*10^{-122}
0.5 1.76\*10^{-284}, 4.83\*10^{-274}, 1.05\*10^{-262}, 2.62\*10^{-232}, 3.31\*10^{-197}, 1.13\*10^{-121}
1 2.65\*10^{-284}, 7.25\*10^{-274}, 1.57\*10^{-262}, 3.94\*10^{-232}, 4.97\*10^{-197}, 1.69\*10^{-121}
2 3.53\*10^{-284}, 9.66\*10^{-274}, 2.1\*10^{-262}, 5.25\*10^{-232}, 6.63\*10^{-197}, 2.26\*10^{-121}
Р2 = 1 в этом случае. Это было указано на плакате на защите диссертации.
-
Таблица 3.9
Зависимости относительной длины зоны контакта с номером 1 (лямбда\_2) от соотношения величин сосредоточенных сил и точки их приложения Р1/Р2 > 0 для биматериала PZT 4/PZT 5
(d-a)/(a-c) Р1/Р2: 1, 2, 5, 10, 100
0.5 2.96\*10^{-58}, 2.73\*10^{-34}, 7\*10^{-15}, 8.32\*10^{-8}, 2.53\*10^{-1},
1 4.44\*10^{-58}, 4.09\*10^{-34}, 1.05\*10^{-14}, 1.25\*10^{-7}, 3.79\*10^{-1},
2 5.92\*10^{-58}, 5.45\*10^{-34}, 1.4\*10^{-14}, 1.66\*10^{-7}, 5.05\*10^{-1},
-
Таблица 3.10
Изменение КИН k2 в зависимости от соотношения Р1/Р2 < 0 сосредоточенных сил и точки их приложения для биматериала PZT 4/PZT 5, которые отвечают относительной длины первой зоны контакта
(d-a)/(a-c) Р1/Р2 -100 -10 -5 -2 -1
0.25 -126.15 -12.43 -5.97 -1.75 -0.073
0.5 -97.71 -9.63 -4.62 -1.36 -0.064
1 -79.78 -7.86 -3.77 -1.11 -0.051
2 -69.09 -6.81 -3.27 -0.96 -0.041
-
Таблица 3.11
Изменение КИН k2 в зависимости от соотношения Р1/Р2 < 0 сосредоточенных сил и точки их приложения для биматериала PZT 4/PZT 5, которые отвечают относительной длины второй зоны контакта
(d-a)/(a-c) Р1/Р2 -100 -10 -5 -2 -1
0.25 -126.15 -12.47 -6.03 -1.88 -0.24
0.5 -97.72 -9.66 -4.67 -1.45 -0.18
1 -79.78 -7.88 -3.81 -1.19 -0.15
2 -69.1 -6.83 -3.3 -1.03 -0.13
-
-
Таблица 3.12
Изменение КИ k4 в зависимости от соотношения Р1/Р2 < 0 сосредоточенных сил и точки их приложения для биматериала PZT 4/PZT 5, которые отвечают относительной длины второй зоны контакта
(d-a)/(a-c) Р1/Р2: -100 -10 -5 -2 -1
0.25 -4.59\*10^{-10}, -3.28\*10^{-10}, -3.08\*10^{-10}, -2.55\*10^{-10}, -1.39\*10^{-10},
0.5 -3.44\*10^{-10}, -2.54\*10^{-10}, -2.39\*10^{-10}, -1.97\*10^{-10}, -1.08\*10^{-10},
1 -2.7\*10^{-10}, -2.08\*10^{-10}, -1.95\*10^{-10}, -1.61\*10^{-10}, -8.78\*10^{-11},
2 -2.25\*10^{-10}, -1.8\*10^{-10}, -1.69\*10^{-10}, -1.4\*10^{-10}, -7.6\*10^{-11}.
-
Таблица 3.13
Изменение КИ k4 в зависимости от соотношения Р1/Р2 < 0 сосредоточенных сил и точки их приложения для биматериала PZT 4/PZT 5, которые отвечают относительной длины второй зоны контакта
(d-a)/(a-c) Р1/Р2: -100 -10 -5 -2 -1
0.25 -4.17\*10^{-10}, -2.84\*10^{-10}, -2.66\*10^{-10}, -2.26\*10^{-10}, -1.35\*10^{-10},
0.5 -3.1\*10^{-10}, -2.2\*10^{-10}, -2.06\*10^{-10}, -1.75\*10^{-10}, -1.05\*10^{-10},
1 -2.4\*10^{-10}, -1.8\*10^{-10}, -1.69\*10^{-10}, -1.43\*10^{-10}, -8.54\*10^{-11},
2 -1.98\*10^{-10}, -1.56\*10^{-10}, -1.46\*10^{-10}, -1.24\*10^{-10}, -7.39\*10^{-11}.

-

страница 123 диссертации:

Выводы к 3-й главе:
В третьей главе рассмотрена внешняя межфазная трещина в пьезоэлектрическом материале. Изучались случаи электропроводной и электроизолированной трещины. В рамках этих постановок рассматривались осцилляционная и контактная модели. В обоих случаях с помощью сведения проблем к задачам линейного сопряжения Дирихле-Римана и Гильберта найдены реальные длины зон контакта и соответствующие коэффициенты интенсивности напряжений и электрической индукции. Проведен численный анализ полученных результатов. Исследованы зависимости величин зон контакта и КИН от нагружения и физических характеристик материала.

-

\*\*\* Список использованных источников:
1. Гахов Ф.Д. Краевые задачи. - М.: Наука. - 1963. - 639 с.
2. Гирлицкий Д.В. Об упругом равновесии неоднородной пластинки с разрезами // Прикладная механика. - 1966. - 2, №5. - С. 12 - 18.
3. Гирлицкий Д.В., Попович Б.И. Основные граничные задачи термоупругости для кусочно-однородной изотропной пластины с разрезами // Изв. АН СССР. Сер. МТТ. - 1970. - №4. - С. 151 - 158.
4. Гринченко В.Т., Улитко А.Ф., Шульга Н.А. Электроупругость. - К.: Н.Д.. - 1989. - 280 с.
5. Каминский А.А. Механика разрушения вязко-упругих тел. - К.: Н.Д.. - 1980. - 159 с.
6. Каминский А.А., Дудик И.В., Кипнис Л.А. О направлении развития тонкой пластической зоны предразрушения в вершине трещины на границе раздела различных сред // Прикл. механика. - 2006. - 42, №2. - С. 14 - 23.
7. Каминский А.А., Кипнис Л.А., Дудик И.В. О начальном развитии зоны предразрушения вблизи конца трещины, выходящей на границу раздела различных сред // Прикл. механика. - 2004. - 40, №2. - С. 74 - 81.
8. Каминский А.А., Кипнис Л.А., Колмакова В.А. О модели Дагдейла для трещины на границе раздела различных сред // Прикл. механика. - 1999. - 35, №1. - С. 63 - 68.
9. Кипнис Л.А. Краевая трещина на границе различных сред // Прикл. механика. - 1978. - Т. 42. - С. 350 - 354.
10. Кит, Мартыняк. Термоупругость кусочно-однородного тела с закрытой межфазной трещиной при наличии контактного термосопротивленя между ее берегами // Док. НАН Украины. - 1996. - № 10. - С. 84 - 88 (на украинском языке).
11. Кит Г.С., Нагалка С.П., Мартиняк Р.М. Нелинейная контактная задача термоупругости для трещины на границе раздела материалов с различными термическими свойствами // Теоретическая и прикладная механика. - 2001. 33. - С. 13 - 21.
12. Кит Г.С., Хай М.В. Метод потенциалов в трехмерных задачах термоупругости тел с трещинами. - К.: Н.Д.. - 1989. - 282 с.
13. Кудрявцев Б.А., Партон В.З., Ракитин В.И. Механика разрушения пьезоэлектрических материалов. Прямолинейная тоннельная трещина на межфазной границе с проводником // Прикладная математика и механика. - 1975. - 39. - С. 149 - 159.
14. Лехницкий С.Г. Теория упругости анизотропного тела. - М.: Наука. - 1977. - 416 с.
15. Лобода В.В. О межфазной трещине с учетом контакта ее берегов. // Гидроаэродинамика и теория упругости. - 1991. - С. 78 - 86.
16. Лобода В.В., Филиппова О.С. Контактная модель для краевой межфазной трещины в ортотропном материале // Третья всеукраинская научная конференция "Математические проблемы технической механики". - Днепродзержинск. - 2003. - С. 26.
17. Лобода В.В., Филиппова О.С. Термоупругая задача для краевой межфазной трещины с зоной контакта в анизотропном биматериале // Машиностроене. - 2003. - № 5. - С. 3 - 9 (на украинском языке).
18. Лобода В.В., Филиппова О.С. Об анализе контактной модели краевой межфазной трещины с помощью метода конечных элементов // Вестник Днепропетровского университета. Серия Механика. - 2005. - Т.1. Вып. 9. - С. 178 - 183.
19. Лобода В.В., Филиппова О.С. Контактная модель внешней электропроводной межфазной трещины в пьезоэлектрическом биматериале // Математические методы и физико-механические поля. - 2006. - 49. № 3. - С. 77 - 85 (на украинском языке).
20. Лобода В.В., Харун. Межфазные трещины с зонами контактами в анизотропной среде в поле отдаленного термомеханического нагружения, сосредоточенных сил и тепловых источников // Математические методы и физико-механические поля. - 2003. - 46, № 1. - С. 32 - 46 (на украинском языке).
21. Лобода В.В., Чернецкая О.С. О контактной модели краевой межфазной трещины в анизотропном биматериале под действием сосредоточенных сил // Вестник Днепропетровского университета. Серия Механика. - Т.2. - Вып. 6. - 2002. - С. 75 - 84.
22. Лобода В.В., Шевелева А.Е. Определение зон предразрушения у края трещины между двумя упругими ортотропными телами // Прикл. механика. - 2003. - 39, №5. - С. 76 - 82.
23. Мартыняк. Термическое раскрытие изначально закрытой межфазной трещины при неидеальном тепловом контакте берегов // Физ. - хим. механика материалов. - 1999. - 35, № 5. - С. 14 - 22 (на украинском языке).
24. Мартыняк, Гончар. Моделирование термоупругого поведения биматериала с теплопроводной межфазной трещиной // Прикл. пробл. мех. и мат. - 2005. - 3. С. 83 - 88 (на украинском языке).
25. Мартыняк, Гончар, Нагалка. Моделирование термомеханического закрытия изначально открытой межфазной трещины, обладающей термосопротивлением // Физ. - хим. механика материалов. - 2003. - 39, № 5. - С. 59 - 66 (на украинском языке).
26. Морозов Е.М., Никишков Г.П. Метод конечных элементов в механике разрушения. - М.: Наука. - 1980. - 256 с.
27. Морозов Н.Ф. Математические вопросы теории трещин. - М.: Наука. - 1984. - 256 с.
28. Моссаковский В.И., Рыбка М.Т. Обобщение критерия Грифитса-Снеддона на случай неоднородного тела // ПММ. - 1964. - 28, №6. - С. 1061 - 1069.
29. Мусхелишвили Н.И. Некоторые основные задачи математической теории упругости. - М.: Наука. - 1966. - 707 с.
30. Нахмейн Е.Л., Нуллер Б.М. Об одном методе решения контактных периодических задач для упругой полосы и кольца // Изв. АН СССР. МТТ. - 1976. - №3. - С. 53 - 61.
31. Нахмейн Е.Л., Нуллер Б.М. О некоторых краевых задачах и их приложениях в теории упругости // Изв. ВНИИГ им. Веденеева. - 1984. - 172. - С. 7 - 13.
32. Нахмейн Е.Л., Нуллер Б.М. Контакт упругой полуплоскости с частично отслоившимся штампом // Прикладная математика и механика. - 1986. - 50. - Вып. 4. - С. 663 - 673.
33. Нахмейн Е.Л., Нуллер Б.М. Давление системы штампов на упругую полуплоскость при общих условиях контактного сцепления и скольжения // ПММ. - 1988. - 52. - С. 284 - 293.
34. Нахмейн Е.Л., Нуллер Б.М. О дозвуковом стационарном движении штампов и гибких накладок по границе упругой полуплоскости и составной плоскости // ПММ. - 1989. - 53. - Вып. 1. - С. 131 - 144.
35. Нахмейн Е.Л., Нуллер Б.М. Динамические контактные задачи для ортотропной упругой полуплоскости и составной плоскости // Прикладная математика и механика. - 1990. - 54. - Вып. 4. - С. 633 - 641.
36. Нахмейн Е.Л., Нуллер Б.М. Периодические комбинированные краевые задачи и их приложения в теории упругости // ПММ. - 1992. - 56. - Вып. 1. - С.95 - 104.
37. Новацкий В. Теория упругости. - М., Мир. - 1975. - 872 с.
38. Острик, Улитко. Трещина на линии раздела полуплоскостей из разных материалов // Мат. методы и физ.-мех. поля. - 2000. - 43, № 2. - С. 119 - 126 (на украинском языке).
39. Острик, Улитко. Контактная задача для межфазной полубесконечной трещины // Мат. методы и физико-механические поля. - 2001. - 44, № 3. - С. 88 - 95 (на украинском языке).
40. Острик, Улитко. Круговая межфазная трещина при условии фрикционного контакта поверхностей // Мат. методы и физико-механические поля. - 2004. - 47, № 1. - С. 84 - 94 (на украинском языке).
41. Панасюк В.В. Предельное равновесие хрупких тел с трещинами. - К.: Н.Д. - 1968. - 246 с.
42. Партон В.З., Кудрявцев Б.А. Электромагнитоупругость пьезоэлектрических и электропроводных тел. - М.: Наука. - 1988. - 470с.
43. Попов Г.Я. Концентрация упругих напряжений возле штампов, разрезов, тонких включений и подкреплений. - М.: Наука. - 1982. - 342 с.
44. Пурсов И.А. Некоторые задачи термоупругости. - Мн.: Изд. БГУ. - 1972. - 198 с.
45. Пурсов И.А. Термоупругие анизотропные пластинки. - Мн.: Изд. БГУ. - 1978. - 200 с.
46. Пурсов И.А., Лунская Л.И. Упругое состояние кусочно-однородной ортотропной плоскости с разрезами // Прикл. механика. - 1969. - 5, № 8. - С. 77 - 83.
47. Райс Дж., Си Г. Плоские задачи о трещинах, расположенных на границе раздела двух различных сред // Тр. Амер. о-ва инженеров-механиков. Прикл. механика. - 1965. - 32, № 2. - С. 186 - 192.
48. Саврук М.П. Двумерные задачи упругости для тел с трещинами. - К.: Н.Д. - 1981. - 323 с.
49. Симонов И.В. Межфазная трещина в однородном поле напряжений // Мех. композит. материалов. - 1985. - С. 969 - 976.
50. Симонов И.В. Об интегрируемом случае краевой задачи Римана-Гильберта для двух функций и решении некоторых смешанных задач для составной плоскости // ПММ. - 1985. - 49. - Вып. 6. - С. 951 - 960.
51. Симонов И.В. О хрупком расклинивании кусочно-однородной среды // ПММ. - 1985. - 49. - Вып. 2. - С. 275 - 283.
52. Симонов И.В. Стационарное дозвуковое движение трещин и тонких щелей по границе составной анизотропной плоскости // ПММ. - 2001. - 65. - Вып. 2. - С. 346 - 359.
53. Смирнов С.А. Наряженное состояние двухслойной толстостенной сферической оболочки с разрезами // Докл. АН УССР. - 1991. - № 9. - С. 97 - 101.
54. Смирнов С.А. Об одном подходе к решению задачи о сферическом разрезе в неоднородном теле // Докл. АН Украины. - 1992. - № 7. - С. 66 - 70.
55. Сулим Г.Т., Гирлицкий Д.В. Решение сингулярных интегральных уравнений плоской задачи об упругом равновесии составных тел с трещинами // Физ.-хим. мех. материалов. - 1972. - 8, № 11. - С. 58 - 65.
56. Сулим Г.Т., Гирлицкий Д.В., Белокур И.П. Периодическая задача для составной плоскости с трещинами // Физ.-хим. мех. материалов. - 1977. - 13, № 1. - С. 82 - 86.
57. Уздалев А.И. Некоторые задачи термоупругости анизотропного тела. - Саратов: Изд. СПИ. - 1967. - 168 с.
58. Улитко А.Ф. Полубесконечный разрез вдоль границы жесткого соединения полупластин из различных материалов // Совр. проблемы мех. сплошной среды. - Ростов-на-Дону. - 1995. - С. 185 - 193.
59. Улитко, Острик. Межфазная трещина при условии фрикционного контакта берегов // Вестник Киев. ун-та. Сер.: Физ.-мат. науки - 2002. - Вып. 2. - С. 133 - 141 (на украинском языке).
60. Филиппова О.С. Контактная модель краевой межфазной трещины в пьезоэлектрическом биматериале под действием сосредоточенных сил. // Седьмой международный симпозиум украинских инженеров-механиков. - Львов. - 2005. - С. 44 - 45 (на украинском языке).
61. Филиппова О.С. Контактная модель краевой электроизолированной трещины в пьезоэлектрическом биматериале // Вестник Днепропетровского университета. Серия Механика. - Т. 2. - Вып. 10. - 2005. - С. 159 - 168.
62. Черепанов Г.П. Механика хрупкого разрушения. - М.: Наука. - 1974. - 640 с.
63. Черепанов Г.П. О напряженном состоянии в неоднородной пластинке с разрезами // Известия АН СССР ОТН. Механика и машиностроение. - 1962. - № 1. - С. 131 - 137.
64. Эрдоган Ф. Распределение напряжений в неоднородной упругой плоскости, имеющей трещины // Тр. Амер. о-ва инженеров-механиков. Прикл. механика. - 1963. - 30, № 2. - С. 83 - 87.
65. Эрдоган Ф. Распределение напряжений в связанных разнородных материалах с трещинами // Тр. Амер. о-ва инженеров-механиков. Прикл. механика. - 1965. - 32, № 2. - С. 169 - 177.
66. Atkinson C. On stress singularities and interfaces in linear elastic fracture mechanics // Int. J. of Fracture. - 1977. - 13. - P. 807 - 820.
67. Atkinson C. The interface crack with a contact zone (an analytical treatment) // Int. J. of Fracture. - 1982. - 18. - P. 161 - 177.
68. Barber J.R., Comninou M. The Penny-Shaped interface crack with Heat Flow. Part 2: Imperfect Contact // Journal of Applied Mechanics. - 1983. - 50. - P. 770 - 776.
69. Beom H.G., Atluri S.N. Near-tip fields and intensity factors for interfacial cracks in dissimilar anisotropic piezoelectric media // Int. J. Fracture. - 1996. - 75. - P. 163 - 183.
70. Brown J., Erdogan F. Thermal stresses in bonded materials containing cuts on the interface // International Journal of Engineering Science. - 1968. - 6. - P. 517 - 529.
71. Clements D.I. A crack between dissimilar anisotropic media // Int. J. Engng Sci.- 1971. - 9. - P. 257 - 265.
72. Clements D.L. A thermoelastic problem for a crack between dissimilar anisotropic media // Int. J. Solids Structures. - 1983. - 19. - P. 121 - 130.
73. Comninou M. The interface crack // Journal of Applied Mechanics. - 1977. - 44. - P. 631 - 636.
74. Comninou M. The interface crack in shear field // ASME Journal of Applied Mechanics. - 1978. - 45. - P. 287 - 290.
75. Comninou M., Dundurs J. On the Barber boundary conditions for thermoelastic contact // Journal of Applied Mechanics. - 1979. - 46. - P. 849 - 853.
76. Comninou M., Dundurs J. Partial closure of cracks at the interface between a layer and half-space // Engen. Fracture Mech. - 1983. - 18. - P. 315 - 323.
77. Comninou M., Dundurs J., Barber J.R. Planar Hertz contact with heat conduction // Journal of Applied Mechanics. - 1981. - 48. - P. 549 - 554.
78. Dundurs J., Comninou M. Some consequences of inequality conditions in contact and crack problems // Journal of Elasticity. - 1979. - 9. - P. 71 - 82.
79. Dundurs J., Gautesen A.K. An opportunistic analysis of the interface crack // Int. J. of Fracture. - 1988. - 36. - P. 151 - 159.
80. Eshelby J.D., Read W.T., Shockley W. Anisotropic elasticity with application to dislocation theory // Acta Metall. - 1953. - 1. - P. 251 - 259.
81. Gao, C.F., Wang, M.Z. A permeable interface crack between dissimilar thermopiezoelectric media // Acta Mechanica. - 2001. - 149. - P. 85 - 95.
82. Gautesen A.K. The interface crack in a tension field: an eigenvalue problem for the gap // Int. J. of Fracture. - 1992. - 55. - P. 261 - 271.
83. Gausten A.K. The interface crack under combined loading // Int. J. of Fracture. - 1993. - 60. - P. 349 - 361.
84. Gautesen A.K., Dundurs J. The interface crack in a tension field // Journal of Applied Mechanics. - 1987. - 54. - P. 93 - 98.
85. Herrmann K.P., Loboda V.V. On intefrace crack models with contact zones situated in an anisotropic bimaterial // Archive of Applied Machanics. - 1999. - 69. - P.317-335.
86. Herrmann K.P., Loboda V.V. Fracture-mechanical assessment of electrically permeable interface cracks in piezoelectric bimaterial by consideration of various contact zone models // Archive of Applied Machanics. - 2000. - 70. - P. 127-143.
87. Herrmann K.P., Loboda V.V. Contact zone models for an interface crack in a thermomechenically loaded anisotropic bimaterial // Journal of Thermal Stresses. - 2001. - 24. - P. 479-506.
88. Herrmann K.P., Loboda V.V., Govorukha V.B. On contact zone models for an electrically impermeable interface crack in a piezoelectric bimaterial // International Journal of Fracture. - 2001. - 111. - P. 203-227.
89. Herrmann K.P., Loboda V.V. Fracture mechanical assessment of interface cracks with contact zones in piezoelectric bimaterial under thermoelectromechanical loadings I. Electrically permeable interface cracks // Int. J. Solids Structures. - 2003. - 4024. - P. 4191-4217.
90. Huang Y., Wang W., Liu C., Rosakis A.J. Intersonic crack growth in bimaterial interfaces: an investigation of crack face contact // J. Mech. Phys. Solids. - 1998. - 46. - P. 2233 - 2259.
91. Hwo C. Thermoelastic interface crack problems in dissimilar anisotropic media // Int. J. Solids Structures. - 1992. - 29. - P. 2077 - 2090.
92. Hwo C. Explicit solution for the collinear interface crack problem // Int. J. Solids Struct. - 1993. - 30. - P. 301 - 312.
93. Kuo A.Y. Interface crack between two dissimilar half spaces subjected to a uniform heat flow at infinity-open crack. // J. of Appl. Mech. - 1990. - 57. - P. 359 - 364.
94. Lee K.J., Park S.J. Thermal stress intensity factors for partially insulated interface cracks under uniform heat flow // Eng. Fracture Mech. - 1995. - 50. - P. 475 - 482.
95. Lee KJ., Shul C.W. Determination of thermal stress intensity factors for the interface cracks between dissimilar materials under uniform heat flow // Eng. Fracture Mech. - 1991. - 40. - P. 1067 - 1074.
96. Loboda V.V. The quasi-invariant in the theory of interface crack // Eng. Fracture Mech. - 1993. - 44. - P. 573 - 580.
97. Lowengrub M. A pair of cracks at the interface of two bonded dissimilar elastic half planes // Int. J. Eng. Sci. - 1975. - 13, №7/8. - P. 731 - 741.
98. Martin-Moran C.J., Barber J.R., Comninou M. The Penny-Shaped interface crack with Heat Flow. Part 1: Perfect Contact // Journal of Applied Mehanics. - 1983. - 50. - P. 29 - 36.
99. Ni L., Nemat-Nasser S. Interface cracks in anisotropic dissimilar materials: an analytical solution // J. Mech. Phys. Solids. - 1991. - 39. - P. 113 - 144.
100. Ni L., Nemat-Nasser S. Interface cracks in anisotropic dissimilar materials: general case // Quarterly of Applied Mathematics. - 1992. - 2. - P. 305 - 322.
101. Pak Y.E. Linear electro-elastic fracture mechanics of piezoelectric materials. // International Journal of Fracture. - 1992. - 54. - P. 79 - 100.
102. Qian W., Sun C.T. Methods for calculating stress intensity factors for inter-facial cracks between two orthotropic solids // Int. J. Solids Structures. - 1998. - 35. - P. 3317 - 3330.
103. Qin Q.H., Mai Y.W. A closed crack model for interface cracks in thermopiezoelectric materials // International Journal Solids Structures. - 1999. - 36. - P. 2463 - 2479.
104. Rice J.R., Sih G.C. Plane Problems of Cracks in Dissimilar Media // J. of Appl. Mech. - 1965. - 32. - P. 418 - 423.
105. Shen S., Kuang Z.B. Interface crack in bi-piezothermoelastic media and the interaction with a point heat source // Int. J. Solids Structures. - 1999. - 36. - P. 418 - 423.
106. Simonov I.V. An interface crack in an inhomogeneous stress field // Int. J. of Fracture. - 1990. - 46. - P. 223 - 235.
107. Sosa H. Plane problems in piezoelectric media with defects // Int. J. Solids Structures. - 1991. - 28. - P. 491 - 505.
108. Srivastava K.N., Palaiya R.M., Ghoudhary A. System of Griffith cracks lying at the interface of two bobded dissimilar elastic half-planes // Indian. J. Pure and Appl. Math. - 1979. - 10, №5. - P. 633 - 645.
109. Sturla F.A., Barber J.R. Thermal stresses due to a plane crack in general anisotropic material // J. of Appl. Mech. - 1988. - 65. - P. 372 - 376.
110. Suo Z., Kuo C.M., Barnett D.M., Willis J.R. Fracture mechanics for piezoelectric ceramics // Journal Mech. Physi. Solids. - 1992. - 40. - P. 739 - 765.
111. Ting T.C.T. Explicit solution and invariance of the singularities at an interface crack in anisotropic composites // Int. J. Solids Structures. - 1986. - 22. - P. 965 - 983.
112. Wang S.S., Choi I. The crack behavior in dissimilar anisotropic composites under mixed-mode loading // J. Appl. Mech. - 1983. - 50. - P. 179 - 183.
113. Williams M.L. The stres around a fault or cracks in dissimilar media. Bulletin the Seismological Society of America. - 1959. - 49. - P. 199 - 204.

-

\*\* Формулы (некоторые) из диссентации Филипповой:
страницы 17, 18 :
sigma\_{ij} = C\_{ijkl} du\_k/dx\_l, (1.1.Филипп.диссертация)
C\_{ijkl} = C\_{klij}= C\_{jikl}= C\_{ijlk} (1.2.Филипп.диссертация)
C\_{ijkl}d^2 u\_k/(dx\_l dx\_j) = 0. (1.3.Филипп.диссертация)
u\_k = a\_k f(x + py), (1.4.Филипп.диссертация)
-
[C\_{i1k1} + p(C\_{i1k2} + C\_{i2k1}) + p^2 C\_{i2k2}] a\_k = 0, (1.5.Филипп.диссертация)
K\_{ik} = C\_{i1k1}, R\_{ik} = C\_{i1k2}, T\_{ik} = C\_{i2k2}
[K + p(R + R^T) + p^2 T] a = 0. (1.6.Филипп.диссертация)
det[K + p(R + R^T) + p^2 T] = 0. (1.7.Филипп.диссертация)

-

Мне сообщили на форуме мехмата МГУ www.lib.mexmat.ru/forum (это Вам не мехмат ДНУ), что мои оценки о рамках применимости классической механики для случая этой диссертации, поэтому мой вывод о том, что примерно 73% всех результатов рачетов размеров участков контакта в этой диссертации не имеют механичкского смысла (физического смысла).
Более того, мне сообщили, что ограничесния на измерения в современной физике твердого тела еще более жесткие, чем я думал. Поэтому, еще больше результатов в этой диссертации выходит за рамки применимости даже квантовой физики. Нужно отсеивать все данные начиная с величин, примерно на 10 порядков меньше метра.
Примерно 58%, а я ранее думал, что примерно 51%.
Мне эту информацию дал(а) "Фотон" (Photon), модератор на www.lib.mexmat.ru/forum
-

\*\* Вопросы:
\*\*\* В каком диапазоне расстояний адекватна модель сплошной среды для таких материалов, как PZT 4, PZT 5, стекло, медь, алюминий, каковы межатомные расстояния, размеры атомов, размеры кристаллов, размеры кристаллических зерен для этих материалов, где это можно найти, узнать?
\*\*\* В каком диапазоне расстояний справедливы линейный закон Гука, второй закон Ньютона, линейные соотношения Коши (соотношения Коши связывают перемещения и деформации, деформации выражаются через производные от перемещений по пространственным координатам) в механике деформируемого твердого тела, уравнения Ляме или Навье?
\*\*\* Как мне повторить аналитические выкладки, получение основных формул этой диссертации? У меня нет возможности ознакомиться с теми могнографиями и статьями, где это объясняется.
\*\*\* Будет ли граница раздела двух материалов всегда строго горизонтальна? Не изменит ли она форму под действием сил, из-за разных механических и электрических свойств двух материалов? Если нет, то как это учитывается или как доказать возможность пренебрежения данным эффектом?
\*\*\* Если размер пластины, рассматриваемой в диссертации будет равен размеру нашей Вселенной, то участок контакта, который на 285 порядков меньше размера пластины был бы слишком мал, чтобы рассматривать его в рамках модели сплошной среды, статистической физики и даже в рамках квантовой физики, не говоря уже о гораздо меньшем размере пластины?
-

Диссертация Филипповой и анализ отдельно:
Я упорядочил данную информацию.
Отсюда Вы можете загрузить один только текст данной работы по межфазной трещине в пьезоэлектрическом материале:
http://crack-piezo-inter.narod.ru/crack\_piezo\_intefacial\_text\_only\_corrected.rtf
Отсюда Вы можете загрузить один только анализ данной работы:
http://crack-piezo-inter.narod.ru/crack\_piezo\_interfacial\_analysis\_only.rtf
-
Тоже самое, но с указанием того, что это имеет отношение к диссертации Филипповой:
Отсюда Вы можете загрузить один только текст данной работы по межфазной трещине в пьезоэлектрическом материале:
http://crack-piezo-inter.narod.ru/PhD\_Filipova\_text\_only\_corrected.rtf
http://aug07monitoring.narod.ru/PhD\_Filipova\_text\_only\_corrected.rtf
Отсюда Вы можете загрузить один только анализ данной работы:
http://crack-piezo-inter.narod.ru/PhD\_Filipova\_analysis\_only.rtf
http://aug07monitoring.narod.ru/PhD\_Filipova\_analysis\_only.rtf
Отсюда Вы можете загрузить все вместе по данной работе в довольно хаотической форме:
http://crack-piezo-inter.narod.ru/PhD\_Filipova\_chaotic\_all.rtf
http://aug07monitoring.narod.ru/PhD\_Filipova\_chaotic\_all.rtf

http://aug07monitoring.narod.ru/PhD\_Filipova\_chaotic\_all.rtf
http://crack-piezo-inter.narod.ru/crack\_piezo\_interfacial\_chaotic\_all.rtf
Извините за хаотическое представление информации (не было возможности упорядочить эту информацию лучше).

-

\*\* Ошибки в украинском языке в этой диссертации:
\*\*\* Одной из наиболее распространенных ошибок является перевод руккоязычной фразы "принимать во внимание". Она переведена как "приймати до уваги", а надо "брати до уваги" ст. 22, 30, 31 (2 раза), 35, 63, 83, 85, 90, 91, 95, 107, 111 и другие.
\*\*\* Другая очень распространенная ошибка - неправильная расстановка запятых (много раз почти на каждой странице).
В разных местах диссертации запятые расставляются по-разному в одних и тех же языковых конструкциях, что свидетельствует о неуверенности и невнимательности автора, о надежде на то, что полный текст диссертации мало кто будет читать.
\*\*\* Еще одна очень распростряненная ошибка: "півплощина", а надо "напівплощина" ст. 15, 23, 25, 84, 87, 93 и другие.
\*\*\* "степінь", а надо "ступінь" ст. 11 и другие.
\*\*\* "напрям", а надо "напрямок" ст. 11 и другие.
\*\*\* "частковий випадок", а надо "частинний випадок" ст. 15, 17, 36 и другие.
\*\*\* "вид", а надо "вигляд" ст. 57, 90 и другие.
\*\*\* "берега", а надо "береги" ст. 47 и другие.
\*\*\* "відмітити", а надо "відзначити" ст. 50 и другие.
\*\*\* "так як", а надо "оскільки" ст. 4, 108 и другие.
\*\*\* "ведемо" - ? ст. 61 и другие.
\*\*\* "слідуючи", а надо "наступні" ст. 112, 115 и другие.
\*\*\* Имеются опечатки: слитное написание разных слов, повтор одинх и тех же слов подряд в одном предложении и так далее с.8 и другие.
---
--------
\*\* Вопросы по этой диссертации:
\*\*\* На каких расстояних влияние законов мега-мира становится таким, что законы макро-мира и методы линейной теории упругости дефрмируемого твердого тела дают погрешность более 5% по сравнению с экспериментом?
\*\*\* Размер видимой части Вселенной примерно на 28 порядков больше сантиметра и примерно на 26 порядков больше метра?

-

Я, еще перед защитой диссертации Филипповой, выставил мой предварительный анализ этой диссертации на Интернет. Поэтому, была возможность улучшить хотябы доклад диссертации и лучше подготовиться к ответам на вопросы. Возможно, это отчасти было сделано, когда было указано, что Р2 = 1 в случае, когда Р1/Р2 = 0, но не был проанализирован длины участка контакта берегов трещины, который примерно на 284 порядка меньше метра.
В развитых странах люди выставляют свои диссертации и публикации на Интрнете, поэтому каждый может ознакомиться с этими диссертациями и публикациями и убедиться в том, что это не бред, а настоящая наука.
Это сделали Юлиан Беренгут www.phys.unsw.edu.au/jcb/ , Майкл Мэрфи, Юрий Мищенко, Мота и многие другие.
А в Украине для получения доступа к диссертациям приходится проходить бюрократические процеруры: писать заявления на имя проректора по научной работе, ждать разрешения проректора, не иметь возможности сделать нормальную копию диссертации и так далее. Такие меры объясняются защитой интеллектуальной собственности, тем, что диссертацию могут переписать и сдать для защиты как новую диссертацию.
Но реальную научную идею крайне сложно украсть, поскольку в настоящей современной науке на столько высок уровень сложности, что время и силы на разбирательство нужны очень большие. Кроме того, если данная информация уже опубликована в статьях и монографиях, то это еще более усложняет попытки украсть научные идеи.
Такие меры по защите интеллектуальной собственности в Украине приводят к тому, что никчемные диссертации защищаются, что приводит к разворовыванию бюджетных средств, к подрыву авторитета украинской науки в мире.
Я вынужден был тратить очень много сил и времени на то, чтобы проинформировать украинскую и мировую общественность о том, какие диссертации защищаются в Украине.
Это касается, прежде всего, диссертации Гречко Татьяны Константиновны www.Grechko-phd-thesis.narod.ru
Если бы эти "диссертации" выставлялись открыто в Интернете, то эти "диссертации" вряд ли бы рискнули защищать, понимая, что это будет позором.

-

Квантовые эффекты могут заметно проявляться в твердом теле до расстояний порядка сотен нанометров
Современная измерительная аппаратура позволяет различать отдельные атомарные слои в кристалле, т.е. порядок - десятые доли нанометра.
http://lib.mexmat.ru/forum/viewtopic.php?t=8464
-
Про микроскоп посмотрите, например тут:
http://n-t.ru/nj/nz/1989/0901.htm
Хотя, наверняка есть и более информативные ресурсы.
http://forum.membrana.ru/forum/scitech.html?parent=1053153972#1053153972

Если кандидатская диссертация только показатель квалификации соискательницы и не нужно в кандидатской диссертации решать важные новые задачи, то как можно допускать такие грубейшие принципиальные ошибки, которые даже школьники не должны допускать:
расстояния на 285 порядков меньшие метра - это нонсенс,
ошибки, опечатки в тексте - показатели высокой квалификации?
неуверенные ответы на защите диссетрации - показатели высокой квалификации?
в тексте диссертации не указано, что Р2= 1 для случая Р1/Р2 = 0, тогда получается, что при Р1/Р2 = 0 Р1 = 0, а Р2 может быть любым числом, причем результаты не зависят от значения Р2, разве это показатель высокой квалификации?
Разве требования Высшей Аттестационной Комиссии (ВАК) о новизне, практических приложениях результатов и методов кандидатской диссертации кто-то отменял?
\*\*\* Соискательница вторглась в области микромира и мегамира (если увеличить размеры участка сцепления до размера Вселенной или до размеров такого порядка), вышла за пределы макромира, в котором она обязана работать.
При такой постановке и решении задачи нужно использовать не только второй закон Ньютона, но и уравнения Шредингера, Дирака, Эйнштейна (если увеличить размеры участка сцепления до размера Вселенной или до размеров такого порядка).
\*\*\* Точность результатов решения задач теории упругости примерно 5%? Если да, то как можно рассматривать растояния, которые на 285 порядков меньше участка сцепления полупространств?
\*\*\* Критика этой диссертации должна быть еще более жесткой, чем ранее?

Если размер участка сцепления увеличть до размера нашей Вселенной, то даже в этом случае участок контакта берегов трещины во многих, если не в большинстве случаев, будет на столько мал, что это выйдет за рамки применимости не только модели сплошной среды, линейной теории утругости, второго закона Ньютона и/или других законов классической физики, но и за рамки применимости методов квантовой физики, и/или за рамки достигнутой в настоящее время точности измерений в физике твердого тела.
Правда, если участок сцепленя бурет равен размеру нашей Вселенной, то сами пластины или полупространства, кторые существенно больше или даже много больше участка сцепления, должны оказаться больше нашей Вселенной.

-

I would like to bring attention of the international academic community to the scientific fraud.
Mathematical physicists who deal with the problems of continuous environment, mechanics of solids, etc. at Dnipropetrovsk State University (DSU (www.dsu.dp.ua)) the University is also called Dnipropetrovsk National University (DNU), approved incompetent PhD thesis of Mrs. Olga Filipova (Philippova or Philippoff, or Philippoffa (maden name Chernetsky (Chernetskaya (Chernetska)))) a daughter of Dr. Sergey Chernetsky, who is among the management of DSU whos brother and wife are also working in this direction. His brother is working in Dnipropetrovsk Academy for Civil Engineering abd Architecture. His wife works at Institute for Technical Mechanics (ITM (www.itm.dp.ua)).
Academic supervisor of Mrs. Olga Filipova is Professor Vladimir V. Loboda [85-89, 96].
Corrupt scientist put psychological pressure on my father because of my efforts in exposing corruption of these scientists.
My father works for Institute for Technical Mechanics (ITM (www.itm.dp.ua)) where wife of Dr. Sergey Chernetsky, Mrs Chernetsky, aslso works.
These scientists used to be considered as an elite of scence in Dnipropetrovsk City in (the) Ukraine. If these scientists are that corrupt then other scientists in Dnipropetrovsk City in (the) Ukraine and in (the) Ukraine as a whole are probably much more corrupt and incompetent thatn that.
In the PhD thesis of Mrs. Olga Filipova she consideres distances which are up to 285 orders of magnitude smaller than a meter. Most results are beyond the scope even of quantum physics and almost all results are far beyond the scope of classical mechanics using the model of continuous environment.
Mrs. Olga Filipova uses approach of functions of complex variable suggested by Muskhelishvili [201, 202] in 1950-s.
Mrs. Olga Filipova uses model of Comnimou [68, 73-77].
68. Barber J.R., Comninou M. The Penny-Shaped interface crack with Heat Flow. Part 2: Imperfect Contact // Journal of Applied Mechanics. - 1983. - 50. - P. 770 - 776.
73. Comninou M. The interface crack // Journal of Applied Mechanics. - 1977. - 44. - P. 631 - 636.
74. Comninou M. The interface crack in shear field // ASME Journal of Applied Mechanics. - 1978. - 45. - P. 287 - 290.
75. Comninou M., Dundurs J. On the Barber boundary conditions for thermoelastic contact // Journal of Applied Mechanics. - 1979. - 46. - P. 849 - 853.
76. Comninou M., Dundurs J. Partial closure of cracks at the interface between a layer and half-space // Engen. Fracture Mech. - 1983. - 18. - P. 315 - 323.
77. Comninou M., Dundurs J., Barber J.R. Planar Hertz contact with heat conduction // Journal of Applied Mechanics. - 1981. - 48. - P. 549 - 554.
. . . . . . .
85. Herrmann K.P., Loboda V.V. On intefrace crack models with contact zones situated in an anisotropic bimaterial // Archive of Applied Machanics. - 1999. - 69. - P.317-335.
86. Herrmann K.P., Loboda V.V. Fracture-mechanical assessment of electrically permeable interface cracks in piezoelectric bimaterial by consideration of various contact zone models // Archive of Applied Machanics. - 2000. - 70. - P. 127-143.
87. Herrmann K.P., Loboda V.V. Contact zone models for an interface crack in a thermomechenically loaded anisotropic bimaterial // Journal of Thermal Stresses. - 2001. - 24. - P. 479-506.
88. Herrmann K.P., Loboda V.V., Govorukha V.B. On contact zone models for an electrically impermeable interface crack in a piezoelectric bimaterial // International Journal of Fracture. - 2001. - 111. - P. 203-227.
89. Herrmann K.P., Loboda V.V. Fracture mechanical assessment of interface cracks with contact zones in piezoelectric bimaterial under thermoelectromechanical loadings I. Electrically permeable interface cracks // Int. J. Solids Structures. - 2003. - 4024. - P. 4191-4217.
. . . . . . .
96. Loboda V.V. The quasi-invariant in the theory of interface crack // Eng. Fracture Mech. - 1993. - 44. - P. 573 - 580.
. . . . . . .
201. N.I. Muskhelishvili, Some Basic Problems of the Mathematical Theory of Elasticity. Noordhoff, Groningen (1953).
202. N.I. Muskhelishvili (1953). Singular Integral Equations. Noordhoff, Groningen.

-

\* Трещины контактная модель:
В работе "О межфазной трещине с учетом контакта ее берегов" автор: Лобода В.В. страницы 78- 86 в "Гидроаэромеханика и теория упругости" издательство ДГУ 1991 г. на странице 83 написано, что при m = 1.8 относительный (отнесенный к длине всей трещины) размер участка контакта берегов трещины равен 0.0000000283? То есть, примерно на 8 порядков меньше размера трещины? Если размер трещины 1 мм то это расстояния порядка, даже не атома и/или межатомных расстояний, а ядра атома, если размер трещины 1 см, то - размер атома, если 1 м - то размер кристаллов и кристаллических зерен? В любом из этих случаев модель сплошной среды неприменима? Я если длина трещины менее мм, то можно выйти даже за пределы применимости квантовой физики? Но ведь именно трещины размером меньше мм могут иметь место в микроэлектронике?
-
Могут быть сосредоточенные массовые силы? Если да, то как такое возможно? Я пытался это выяснить у Лободы В.В., но я не понял его объяснение.
Есть такая научная статься "О контакте берегов межфазнойтрещины в поле сосредоточенных массовых сил" авторы: Говоруха В.Б., Лобода В.В. страницы 35-42 в "Физико-химической механике материалов" том 31, № 2, 1995 март - апрель.
--------------
\* Бо, видимо, берет много тысяч долларов США за диссертацию по тому, что Бо лично знает многих членов ученого совета и может посодействовать тому, что ученый совет поддержит определенную диссертацию?
-
Бо = Бобылев с ФПМ ДНУ = www.dsu.dp.ua
-

Сегей взял у меня несколько листовок размером А4, на которых анализировалась диссертация Татьяны. Было это примерно в июне 2006 года. Сейчас я жалею, что отдал тогда Сергею так много таких ценных листовок, он все равно, видимо, их даже не читал внимательно, а если и вообще читал, то никому не передал из неравнодушных людей.
Бо с ФПМ ДНУ примерно в 1999 году мне предлагал помочь с моей диссертацией за 10000 долларов США. Он мне говорил, что все знают, что он эим занимается, но чтобы я никому не говорил, поскольку это может мне повредить. Это - коррупция?
Сегодня цены, видимо, сильно выросли по сравнению с примерно 1999 годом из-за инфляции, падения куса доллара США. Поэтому сегодня Бо, видимо, предложил бы помощь по диссертации за сумму, гораздо большую, чем 10000 долларов США?
Мне говорили, что средняя цена готовой диссертации сегодня примерно 2000 долларов США. Бо свою помощь ценит очень высоко?
-
Бо = Бобылев.
ДНУ = www.dsu.dp.ua
Сегей = Сегей Александрович Чернецкий.
Татьяна = Татьяна Константиновна Гречко, www.Grechko-phd-thesis.narod.ru
-

На защите диссертации 22-го июня 2007 года Ольги обстановка была напряженная, как и положено в день начала войны 22-го июня: при моем появлении Владимир Л со мной живо поздоровался и предложил сотрудничество (видимо Владимир Л прочитал мои выступления на Интернете и надеялся, что я не буду продолжать глубоко анализировать эту диссертацию, если со мной вежливо поговорить).
Дмитрий Ев, поздоровавшисб со мной, ушел с защиты диссертаций (зачем он тогда приходил). Возможно, ему было психологически тяжело присутствовать при скандале или я ему был непрятен.
Дмитрий Кл, мой бывший одногрупник, поздоровавшись со мной издалека, ушел после первой части заседения и не поговорил со мной.
Василий и Виталий не проявляли интереса, и даже, похоже, боялись общаться со мной в присутствии членов этого ученого совета.
Папа передал мне записку с мольбой не выступать на защите диссертации, сославшись на то, что мои выступления создают папе проблемы на работе в ИТМ. Папа писал, что не может мне всего рассказать, что мои выступления отрицательно сказываются на состоянии его нервной системы.
На защите диссертации Ольги, Николай П попросил Ольгу говорить четко и внятно, обращаясь к аудитории, а не к плпкатам, повернувшись спиной к аудитории. Николай П пожелал Ольге рассказывать студентам и ученым, а не плакатам. Это можно считать еще одним доказательством неуверенности Ольги при защите диссертации и ставит под сомнение ее способность выполнить такого рода диссертацию самостоятельно.
После моих выступлений на защитах диссертаций и в Интенете папа признался, что боится ходить в ИТМ, что жена Че даже не смотрит в сторону папы, а раньше она была приветлива с папой.
Во время моих вопросов и выступлений на защитах диссертаций, в зале звучал смех, возможно, это сеялся Юрий и/или кто-то еще. Возможно, этот смех означал пренебрежительное отношение ко мне.
На мой вопрос аспиранту Юрия о цитируемости их работ в снрьезных научных журналах, Юрий со смехом ответил, что они в будущем будут добиваться такого цитирования.
-
Василий = Василий Иванович Кузьменко.
Виталий = Виталий Иванович Петришин.
Владимир Л = Владимир Васильевич Лобода.
Дмитрий Ев = Дмитрий Евдокимов.
Дмитрий Кл = Дмитрий Клюшник.
ИТМ = www.itm.dp.ua
Николай П = Николай Поляков.
Ольга = Ольга Сергеевна Филиппова (девичья фамилия Чернецкая, дочь проректора ДНУ по учебной работе Чернецкого Сергея Александровича, его жена работает в ИТМ с папой).
папа = Виктор Тимофеевич Марченко.
Че = Чернецкий Сергей Александрович и его жена из ИТМ.
Юрий = Юрий Абрамович Черняков.
-

\*\* Вопросы:
\*\*\* Краевую трещину легче набюлюдать, чем внутреннюю трещину, поэтому расчеты внутренних трещин более востребованы, поэтому меньше теоретических исследований и расчетов краевых трещин?
\*\*\* Если размер зоны сцепления достаточно мал, то область, в которой имеет место осцилляция напряжений и перемещений (в рамках классической модели) меньше того расстояния, на котором применимы законы классической физики, модель сплошности среды? В электронике конструкции очень малы? Микротехнологии? Нанотехнологии?
\*\*\* Какой смысл в развитии контактной модели трещины?
\*\*\* Примерно 251 из 346 (примерно 73% = 72,5433526011560693641618497109827%) значений длин участков контакта, представленных в диссертации, не имеют физического смысла в рамках классической физики из-за слишком малых длин участков контакта (примерно на 8 порядков меньше метра)?
\*\*\* Примерно 177 из 346 (примерно 51% = 51,1560693641618497109826589595376%) значений длин участков контакта, представленных в диссертации, не имеют физического смысла в рамках квантовой физики из-за слишком малых длин участков контакта для которых видимо невозможны изменения в современных условиях и поэтому нельзя однозначно сказать, применимы ли на таких расстояниях законы квантовой механики (примерно на 15 порядков меньше метра)?
\*\*\* Примерно 16 из 20 значений длин участков контакта, представленных в автореферате, не имеют физического смысла в рамках классической физики из-за слишком малых длин участков контакта (примерно на 8 порядков меньше метра)?
\*\*\* Примерно 12 из 20 значений длин участков контакта, представленных в автореферате, не имеют физического смысла в рамках квантовой физики из-за слишком малых длин участков контакта для которых видимо невозможны изменения в современных условиях и поэтому нельзя однозначно сказать, применимы ли на таких расстояниях законы квантовой механики (примерно на 15 порядков меньше метра)?
\*\*\* Большая часть представленных результатов по длинам участов контакта не имеет смысла даже в рамках достижений современной физики или может претендовать на Нобелевкую премию по физике?
\*\*\* Проведение высокоточных экспериментов с такой многометровой конструкцией крайне затруднительно, поэтому точность эксперимента будет еще меньше, даже величины на 15 порядков меньше метра в таком эксперименте невозможно будет зафиксировать?

-

Границы применимости классической физики и квантовой физики в твердом теле:
Как определить рамки примнимости законов классической физики механики деформированного твердого тела в такой задаче:
В расположенной вертикально алюминиевой пластине с размерами 5 метров в ширину, 5 метров в высоту, толшиной 0.1 метра имеется горизонтальная трещина на расстоянии 2.5 метра выше нижнего края пластины, длина трещины 1 метр;
математическая модель, основанная на ряде гипотез, показывает, что берега трещины могут приходить в контакт у вершины трещины, причем, зона контакта может варьироваться от примерно 0.5 метра до величины, примерно на 285 порядков меньше метра в зависимости от условий нагружения и других условий.
Я пытаюсь установить рамки применимости такой "контактной модели трещины".
Какую наименьшую длину зоны контакта берегов трещины имеет смысл рассматривать в рамках классической физики, ведь на достаточно малых расстояниях следует учитывать законы квантовой физики в твердом теле?
С какой точностью производятся измерения в современной физике?
На каких минимальных расстояниях применима квантовая физика в твердом теле?
Размеры межатомных расстояний и размеры атомов примерно на 8 порядков меньше сантиметра, размеры ядер примерно на 12 порядков меньше сантиметра?
Уравнение Шредингера адекватно описывает процессы в кристалле, поэтому на расстояниях, соизмеримых с размерами кристаллов классическая механика не работает? Эти расстояния примерно на 7 порядков меньше сантиметра?
Сколько кристаллов входит в кристаллическое зерно?
Сколько кристаллов и/или кристаллических зерен нужно, чтобы их можно было считать сполшной средой, пренебрегать квантовыми эффектами и использовать законы классической механики (теорию упругости)?
-
В кинетической теории одноатомных идеальных газов эта задача решается примерно так:
Длина тепловой волны де Бройля L примерно равна длине волны де Бройля атома с массой m и кинетической энергией 3kT/2.
Длина тепловой волны де Бройля дает меру того, при каких условиях классическая механика газа должна быть заменена квантовой механикой. Классичеакая механика применима лишь до тех пор, пока занятый отдельным атомом объем V/N существенно больше квантового объема L в кубе, т.е. пока число частиц много меньше статистической суммы N << V/L/L/L = Z.
(Ф.К. Кнойбюль. Пособие для повторения физики. Пер. с нем. - М. 1981. - 256 с., страница 200)

-

Братья Че С.А. и Че В.А., работающие в одной области в учебных заведениях одного города, могут подозреваться в коррупции?
-
город = Днепропетровск.
Че В.А. = Чернецкий В.А.
Че С.А. = Чернецкий С.А.

-

\*\* Вопросы:
\*\*\* Как реализовывался метод конечных элементов (МКЭ)? Кто писал программы метода конечных элементов? Использовались ли готовые пакеты прграмм метода конечных элементов?
-
\* Форумчанам ответы:
\*\* Межфазная трещина, диссертация:
На сколько я помню, одна из книг Ку посвящена теории пластичности:
Книга "Решение на ЭВМ задач пластического деформирования" справочник, Киев, Техника, 1990. - 136 с. Авторы: Ку, Ба.
-
Ба = Балакин В.Ф.
Ку = Кузьменко В.И.

-

Украинский язык вполне приспособлен к данной науке, в любом случае, можно хотябы попытаться выражать свои мысли на украинском языке.
Ку вряд ли специализируется на только трещинах.
Вот некоторые из его работ:
"Контактные задачи для упругого тела с пустотой, заполненной сжимаемой жидкостью" Вестник ДНУ. Механика. Выпуск 1. Том 2. 1998.
На сколько я помню, одна из книг Ку посвящена теории пластичности.
Если Фи действительно сама выполнила работу по этой диссертации, то почему она даже не смогла ответить на вопрос о том, анизотропны ли подпространства? Она не ответила почти ни на один вопрос.
Является ли задача о двух краевых трещинах эквивалентной в математическом плане задаче о давлении штампа на полуспространство? Если да, то в чем новизна диссертации Фи?
Почему в диссентации Фи я не видел ссылок на работы Антипова, Савина?
Почему результаты диссертации Фи не применяются нигде в реально существующих конструкциях? Так ли это?
Фи допускает много ошибок не только в украинском языке, но и в русском языке в своей диссертации и автореферате? Это можно видеть, в частности, по количеству пропущенных и/или неправильно поставленных запятых в текстах (в русском и украиском языках запятые расставляются почти по те же самым правилам)? Это имеет место, в частности, но не только, на страницах 10, 11 диссертации? Это свидетельствует о том, что Фи либо мало читает, либо у Фи недостаточная концентрация внимания? В обох случаях Фи не смогла бы написать самостоятельно такую диссертацию?
Почему диссертацию Фи пришлось писать так долго (5 или более лет)?
Я сейчас точно не помню, что может обозначать уравнение трех моментов, возможно это уравнение получается из уравнения равновесия механической системы, при этом сумма моментов на каждое из трех направлений равно нулю или что-то в этом роде. Видимо, это уравнение достаточно примитивно, гораздо проще уравнений квантовой физики.
Будучи студентом, я задал Черняк примерно такой вопрос: "С какой точночтью справедлив закон Ньютона?" Черняк ответил нечто вроде : "Закон Ньютона справедлив с точностью до теории относительности Эйнштейна". Видимо, Черняк имел в виду то, что при достаточно больших скоростях нужно учитывать релятивистские эффекты. Но я считаю, что правильнее было бы добавить, что и на очень малых расстояниях закон Ньютона заменяется законами квантовой физики: квантовой электродинамики, квантовой хромодинамики. Я не думаю, что Черняк знает о квантовой физике столько, сколько Ку. Ку упоминал о копенгагенской интерпретации квантовой физики на защите диссертации Фи.
В диссертации Фи это (рамки применимости закона Ньютона, закона Гука, модели сплошной среды) не было учтено и получилось, что длина участка контакта примерно на 66 или 285 порядков меньше метра. На таких расстояниях, видимо, даже законы квантовой физики не действуют. Таким образом, в таком виде диссертация Фи может претендовать на Нобелевскую примию.
\*\* Коррупция в ММФ ДНУ?
Моя страна Украина оккупирована иностранцами, видимо, во многом из-за того, что "ученые" безответственно относились к своей работе, "ученых" больше интересовали материальные блага, а не служение стране.
СССР уничтожен, Украина безоружна, ее уничтожают, а "ученые" на этом еще и наживаются, получая деньги из бюджета нищей Украины.
Я бесплатно выполняю ту работу, которую должны выполнять ученые за деньги, которые они получают из бюджета.
Я ничего о себе не скрываю. А Вы? Боитесь?
Если Вы такие смелые, представьтесь, кто Вы. Предлагаю Вам встретиться и обсудить все эти вопросы в присутствиее средств массовой информации, чтобы каждый отвечал за свои слова.
Я был на защитах многих диссертаций. Почему Вы ко мне не подошли, не представились, не сказали все это мне публично?
Никакая популярность мне не нужна.
Я ни кого не пытаюсь дискредитировать.
Я могу спокойно всем смотреть в глаза.
В моем дипломе все оценки отличные, то есть 100%- ый результат.
Аннулировать мой диплом Вы вряд ли сможете, но если даже и аннулируете, то мне это никакого вреда не нанесет, поскольку этот диплом мне не нужен.
Если Фи действительно на столько талантлива, то почему она училась с первого курса и выполняла диссертацию на кафедре своего отца, почнму работала в университете Бизнеса и Права или что-то в этом роде, где работал ее отец? В мире люди продолжают работу и учебу в разных местах, чтобы взаимоно обогатиться во взаимодействии с разными людьми. ММФ ДНУ, видимо, не самый сильный в мире в области науки. Почему нельзя было выбрать научную школу более высокого уровня?
Почему нельзя честно и публично сказать о том, что реально сделано в науке моими оппонентами, а что нет.
Сам я не планирую пытаться защищать диссертацию (по крайней мере в ДНУ, ИТМ), поскольку, защитив диссертацию так как это сделали большинство моих оппонентов, я стану зависим от них, так как я буду понимать, что защитил диссертацию не често или не достаточно честно, и я вынужден буду молчать наблюдая коррупционые действия других людей.
На вопрос о том, есть ли слишком высокий уровень коррупции в ММФ ДНУ и/или других подобных организациях Днепропетровска, можно попытаться ответить проанализировав действия родственников, работающий и/или учащихся в в ММФ ДНУ и/или других подобных организациях: Ся, Се, Че, женщина-заместитель декана и так далее.
Если Вы считаете, что уровень коррупции в ММФ ДНУ гораздо ниже, чем в других организациях, то укажите, пожалуйста, те организации, в которых уровень коррупции выше, чем в ММФ ДНУ с доказательствами, пожалуйста.
Занимался ли сын заместительницы декана ММФ ДНУ воровством компектующих компьютерных систем? Получали ли сотрудники ММФ ДНУ путевки для отдыха и оздоровления за счет других людей?
В Днепропетровске важную роль играют родственные связи (браться, жены, дети, родители и так далее часто работают вместе, создавая нечто вроде клана)?
Я не опускаюсь до уровня оскорблений, а некоторые из Вас пытаются меня оскорблять.
Я не нутверждаю, что я абсолютно прав во всех моих утверждениях. Мои утверждения - это предположения. Есть или нет коррупции на ММФ ДНУ я не знаю, можно провести расследование.
Подайте на меня в суд, если считаете, что я нарушил Законы Украины и/или какие-либо другие законы.
Оставьте в покое моего отца. Он - больной человек. Если кто-либо из Вас будет в какой-либо форме оказывать давление на моего отца, то я продолжу мои попытки разобраться имеет ли место какая-либо коррупция в ИТМ и/или ДНУ, и пытаться привлечь к ответственности виновных. Я считаю, что мой отец не должен сотрудничать не с ИТМ, ни с ДНУ. Было бы неправильно сотрудничать с людьми, по отношению к которым есть подозрения в коррупции. Мой отей пожаловался мне, что люди в ИТМ с него хихикают, а один из член-корресподнетов Национальной Академии Наук Украины сказал с сарказмом: "Бедный папа".
Меня незаконно задержала служба безопасности ДНУ в феврале 2005 года при свидетелях и насильственно привезла в Жовтневое отделение милиции города Днепропетровска? Я не совершал никаких противоправных действий, не убегал, на прятался, просло стоял при входе в 9-й корпус ДНУ и применение физического насилия было совсем не обязательно. Кто должен отвечать за это преступление? Кто дал такое распоряжение? Я провожу расследование этого.
1- го июля 1991 года тогда декан ММФ ДГУ, а сейчас ректор ДНУ господин По сказал мне примерно следующее в очень грубой форме: "Я сейчас сам у Ме буду принимать экзамен по дифференциальным уравнениям!". "Иди своей дорогой и не заходи в деканат!" Он мне это сказал после того как Ме поставил мне отличную оценку (наивысшую возможную оценку) на экзамене по дифференциальным уравнениям позже, чем сдала экзамен основная группа студентов моей группы МХ-89-1.
По, видимо, хотел, чтобы я пришел сдавать этот экзамен 10-го июля 1991 года, как те, кто провалился на экзаменах.
Предлагаю Вам мирный договор между нами: мои условия: ученые ДНУ, ИТМ встают на защиту изнасилованной страны Украины и привлекают к отвественности американских убийц.
В противном случае я планирую продолжнать заниматься расследованием коррупции в ДНУ, ИТМ и/или других организациях.
Планирую раздать студентам и аспирантам ММФ ДНУ и многим другим людям листовки с этой информацией в случае невыполненения моих требований.
Более подробную информацию можно найти на таких Интернет- страницах:
www.jul07monitoring.narod.ru
www.jun07monitoring.narod.ru
www.llii.narod.ru
-
Ку = Кузьменко.
Ме = Меньшиков.
ММФ = механико-математический факультет.
ДНУ = Днепропетровский национальный университет, бывший Днепропетровский государственный университет (ДГУ), www.dsu.dp.ua
По = Поляков.
Се = Семененко.
Ся = Сясев.
Фи = Филиппова.
Че = Чернецкий.
Черняк = Черняков.
-

Форумчанам ответы:
Такого рода утверждения в мой адрес я воспринимаю как возможные угрозы людей, боящихся обнародования фактов коррупции, боящихся потерять власть, полученную коррупционным путем.
Я не скрываю моих намерений. Догадываться о моих намерениях не нужно, я сам об этом открыто говорю и пишу.
Я всегда буду причастным к механико-математеческому факультету (ММФ), поскольку я - выпускник механико-математеческого факультета.
Возможно, я и неправ, называя Ку самым сильным специалистом по теории пластичности в Днепропетровске. Такой вывод я сделал на основании семинаров и диссертаций. Че, выступив на семинаре, где представлялась диссертация Те, в ответ на критику Шв, в качестве аргумента использовал аргумент о том, что Те работал (то есть не так уж важно, что диссертация несовершенна и Че это признает, но одно то, что Те работал в глазах Че сделало Те достойным степени кандидата наук).
Ку, видимо, очень хорошо разобрался в диссертации аспиранта Шв, Тр по теории пластичности. Ку, видимо, очень хорошо разобрался в диссертации аспиранта Че, Шн по теории пластичности.
Ку, видимо, более ответстевенно подходит к защитам диссертаций, чем Че.
Ку выступает на защитах диссертаций на украинском языке, в соответствии с тебованиями, а Че, видимо, не владеет украинским языком в достаточной мере.
Если даже такой шизофреник как я может заметить серьезные недостатки в диссертациях даже в областях естественных наук, то, видимо, уровень некоторых, а, возможно, моногих из этих диссертаций, видимо, очень низок.
Я никого не заставляю читать мои сообщения на форумах.
Более подробная информация по диссертации Фи представлена на таких Интенет- страницах:
www.jun07monitoring.narod.ru
www.jul07monitoring.narod.ru
www.llii.narod.ru
-
Ку = Кузьменко, профессор с факультета прикладной математики (ФПМ), Днепропетровского национального университета (ДНУ).
Те = Тесленко Дмитрий, кандидат наук по теории пластичности.
Тр = Трофимов Александр, кандидат наук по теории пластичности.
Фи = Филиппова О.С. (Чернецкая О.С., ММФ, ДНУ, видимо, дочь проректора ДНУ по учебной работе, вывшего и/или нынешнего преподавателя ММФ, ДНУ Чернецкого Сергея Александровича, кандидат наук или доктора наук) кандидат наук.
Че = Черняков Юрий Абрамович, профессор ММФ, ДНУ.
Шв = Швайко Николай Юрьевич, профессор ММФ, ДНУ.
Шн = Шнейдер Владимир Петрович, кандидат наук по теории пластичности.
-

\*\*\* Как в данной диссертации могут рассматриваться трещины на линии раздела стекла и материала PZT 4?
\*\*\* На сколько точно решается трансцендентное уравнение для определения длины участка контакта берегов трещины? В диссертации говорится, что длина участка контакта предполагается много меньше единицы и чем меньше длина участка контакта, тем точнее решение этого трансцендентного уравнения для определения длины участка контакта берегов трещины.
\*\*\* Трещина распространяется со скоростью звука в данной среде? Почему? Как это отражено в данной диссертации?
-

Пьезоэлектрическая диссертация:
Постановка задачи:
На линии раздела двух полупространств имеются две краевые трещины, между которыми - участок сцепления полупространств. Предполагается плоская деформация, поэтому рассматривается поперечное сечение этих двух полупространств вертикальной плоскостью. Горизонтальная ось декартовой системы координат в этой рассматриваемой вертикальной плоскости направлена вдоль двух краевых трещин и участка сцепления полупространств. Участок сцепления полупространств расположен между двумя краевыми трещинами. Левая краевая трещина - от левого края полупространств до точки c. Правая трещина - от правого края полупространств до точки a. У вершины правой трещины a предполагается участок контакта берегов трещины [a, b]. b > a. Трение между берегами трещины отсутствует. Положение точки b заранее неизвестно и будет определяться при решении задачи. В точке d на берегах правой трещины приложены сосредоточенные усилия в горизонтальном и вертикальном направлениях. d > b. На берегах левой трещины приложены сосредоточенные усилия в вертикальном направлении, эти вертикальные сосредоточенные усилия приложены в точке c - h. h > 0. Таким образом, участок жесткого (без проскальзывания) сцепления подпространств [c, a].
Полупространства считаются анизотропными пьезоэлектриками.
Нужно определить напряженно-деформированное состояние полупространств, электрическую индукцию в полупространствах, коэффициент(ы) интенсивности напряжений.
Контактная модель в вершине правой трещины введена для того, чтобы избавиться от физически нереальной картины, получаемой в результате решения задачи о трещине без контакта берегов (полностью открытой трещине), при этом решение дает осцилляцию напряжений и перемещений в окрестности вершины трещины, то есть взаимное проникновение берегов трещины.
Если что-то непонятно в постановке задачи, спрашивайте меня.
С авторефератом и полным текстом этой диссертации можно ознакомиться в библиотеке Днепропетровского национального университета (ДНУ).
\*\* Вопросы к этой диссертации:
\*\*\* Осцилляция напряжений и перемещений начинается на сравнительно малом расстоянии от вершины трещины, на таком расстоянии применимы законы классической физики?
-
У меня вопрос.
Из какого материала планируется рассматривать модель предложеных ПОЛУпространств?
http://forum.membrana.ru/forum/scitech.html?parent=1053137015#1053137015
-
Ответ: Материалы полупространств PZT 4, PZT 5.

-

Защиты диссертаций:
\*\*\* Пьезоэлектрическая диссертация:
Перед защитой дали краткую информацию о деятельности соискательницы (Фи) (работа ассистенткой в местном университете Бизнеса и Права, преподавание на кафедре дифференциальных уравнений (старший преподаватель)).
\*\*\*\* В докладе Фи упомянула три основные модели межфазных трещин:
1. Осцилляционная модель, когда трещина полностью открыта,
2. Контактная модель Comninou, когда нет осцилляции,
3. Я (Миша) не понял, была ли упомянута 3-я модель и если была, то что она собой представляет.
В докладе Фи упомянула аналитические элементы, аналитические функции комплексного переменного, пьезоэлектрические константы, диэлектрические константы, электрическое смещение, прокомментировала тексты, формулы, графики, таблицы, представленные на плакатах.
\*\*\*\* Вопросы к соискательнице:
Член ученого совета (Ку) задал вопрос о том, почему не использован конкретный критерий разрушения, что коэффициенты интенсивности напряжений (КИН) нужны именно для того, чтобы установить когда конструкция разрушится.
Член ученого совета (Ку) спросил о влиянии пьезоэлектрических свойств (видимо на механические характеристики, КИН и так далее).
Я считаю Ку очень высоко-квалифицированным специалистом по теории пластичности, механике, математике (видимо, лучшим в Днепропетровске по теории пластичности).
Член ученого совета (Ку) спросил, почему нет больше одного коэффициента интенсивности напряжений.
Соискательница сравнительно уверенно ответила, что все остальные напряжения, кроме сдвигового конечны, поэтому коэффициенты интенсивности напряжений для конечных напряжений равны нулю.
Член ученого совета спросил, как удалось свести математическую задачу к задаче линейного сопряжения для такого случая анизотропии?
Член ученого совета спросил, как механические характеристики тел влияют на КИН?
Член ученого совета спросил: "Если положить горизонтальную составляющую сосредоточенной силы нулю, то можем найти КИН, никакого сдвига не будет, будет только раскрытие трещины?"
Член ученого совета спросил: "Если устремить длину участка кантакта к нулю то не получается выражение для описания осцилляционной модели, как утверждает соискательница, получается тангенс бесконечности, что такое тангенс бесконечности?"
Член ученого совета спросил: "Можно растягивать конструкцию на бесконечности, вместо того, чтобы рассматривать сосредоточенные силы на берегах трещины? Так будет проще или сложнее? Не понятно, что там будет с дельта- функцией, которой описываются сосредоточенные силы?"
По: Если рассмотреть межфазную трещину на границе анизотропного материала и пьезоэлектрика, работает при этом Ваш подход?
Ответ соискательницы: да.
Че: Вы рассматриваете плоскую (двумерную) задачу, а у Вас в уравнениях фигурируют все 3 составляющие перемещений?
Ответ соискательницы: Изначально мы рассматриваем трехмерную задачу. Мы так же рассматриваем анти-плоскую деформацию.
Вопрос: Что происходит в случае многих участков контакта?
Вопрос: Почему не учитывается трение?
5 отзывов на автореферат:
1. Из Донецка: замечание: Почему не объясняются условия (12), (16)?
2. Из Тернополя: замечание: К сожалению, только одна комбинация пьезоэлектриков?
3. Из Института Прикладной Физики в Сумах: положительный отзыв, замечаний нет.
4. Из Киевского Политехнического Института, КПИ: На графике не видны зоны контакта?
5. Из Львовского университета имени Франка: надо называть не зоной контакта, а зоной сцепления; результаты лучше представлять в безразмерном виде, а не в размерном.
Ответы соискательницы на эти замечания:
Нужно иметь критическое значение коэффициента интенсивности напряжений (КИН) по сдвиговому напряжению для того, чтобы произвести расчет данной конструкции на прочность.
Для случая многих зон контакта задача Дирихле-Римана сложная.
Антипов показал, что трение снижает особенности напряжений, поэтому расчет для случая отсутствия трения берегов трещины - это расчет с запасом прочности, такой расчет будет гарантировать целостность конструкции.
. . . .
Погрешность решения составляет меньше одной десятимиллиардной.
Соискательница даже не смогла ответить на вопрос о том рассматривала она изотропные или анизотропные полупространства. Как такое возможно? Она забыла или не сама писала диссертацию?
На него позже ответил научный руководитель Ло: "Рассматриваются два разных анизотропных материала. Анизотропия проявляется в соответствующих коэффициентах жесткости матрицы жесткости С".
Го спросил как можно добиться того, чтобы таким образом приложить сосредоточенную силу на берегах трещин?
Соискательница не смогла ответить на этот вопрос. На него позже ответил научный руководитель Ло: "Я (Ло) посоветовался с радиофизиками. Такие сосредоточенные силы можно приложить с помощью так называемого "расклинивания" с помощью точечного лазера это может иметь место".
Го спросил о том, зачем было использовать нереальную пару материалов алюминий и медь? Эти материалы вместе не используются на практике, поскольку они окисляются сразу, плохие материалы.
Я спросил у научного руководителя (Ло) этой диссертации: как можно избавляться от физически нереальной картины осцилляции напряжений и перемещений в вершине трещины и, в то же время, получать другую физически нереальную картину - контакт берегов трещины на длине участка, гораздо меньшей длины планка, где законы классической физики явно не работают, даже законы квантовой физики на таких расстояниях невозможно проверить?
Научный руководитель ответил, что осцилляционная модель - еще более физически не реальная.
Я задал этот же вопрос соискательнице на защите диссертации. Она не смогла ответить на этот вопрос.
Ученый совет, видимо, не ожидал такой постановки вопроса и ухватился за эту проблему.
Председатель этого ученого совета, ректор местного национального университета (По) покачал головой, видимо, имея в виду, что механики- профессора, включая официальных оппонентов, не додумались до того, что методы классической физики неприменимы на таких малых расстояниях.
Один из членов ученого совета усмотрел логическое противоречие между таким очень малым участком контакта берегов трещины и тем, что расстояние от вершины левой трещины до точки приложения вертикальных сил к берегам левой трещины много меньше характерного размера конструкции.
Я (Миша) так же спросил о том, как используются уравнения Максвелла при решении данной задачи.
Соискательница не смогла ответить на этот мой вопрос.
Научный руководитель (Ло) в ответ на этот мой (Миши) вопрос сказал, что электропроводность не рассматривалась.
Другой член ученого совета (Ку) предложил установить рамки применимости контактной модели межфазной трещины в днепропетровской интерпретации по аналогии с копенгагенской интерпретацией квантовой механики.
\*\*\*\* Научный руководитель (Ло) в своем выступлении сказал примерно следующее:
До этого все работы рассматривали внутреннюю трещину, а в этой работе рассматриваются краевые трещины. Для анизотропных и пьезоэлектрических материалов такие задачи не рассматривались. Это - явная новизна.
\*\*\*\* Отзыв официального оппонента (Ка), который отсутствовал по болезни:
на странице 38 написано: "несложный аналогичный анализ показывает. . . . сводится (1.53), (1.54)". Нужно было это подробнее расписать, поскольку важно продемонстрировать правильность решения.
Ответы соискательницы на замечания Ка:
Согласно формулы (90) электрическая индукция - через КИНы. . . .
\*\*\*\* Официальный оппонент (См) выступает:
Я не планировал останавливаться на положительных сторонах этой диссетрации и перейти сразу к замечаниям, но после заданных вопросов (и, видимо, очень слабых ответов на вопросы (пояснение Миши)), хочется подчеркнуть положительное. . . .
С какой точностью находится решение трансцендентных уравнений?
Ответы соискательницы оппоненту См:
Точность, которую дает Mathematica: примерно одна миллиардная.
\*\*\*\* Официальный оппонент - женщина из Горного университета выступает:
В диссертации приведены сложные аналитические решения, которые не всегда поддаются простому анализу (официальный оппонент, видимо, не разобралась в аналитическом решении (пояснение Миши)).
Результаты численных решений не подтверждены.
Не посчитан КИН нормальных напряжений.
Не посчитаны КИН в точке "b".
Нужно было рассмотреть и другие материалы.
Ответы соискательницы оппоненту женщине из Горного университета:
В точке "b" все напряжения конечны, поэтому КИН не вводятся.
\*\*\*\* Обсуждение диссертации:
Ку: Здесь рассматривается механика, пьезоэлектрики и температурная задача.
Для слишком малых участков контакта берегов межфазной трещины нужно применить днепропетровскую интерпретацию по аналогии с копенгагенской интерпретацией квантовой механики.
Члены ученого совета:
Внешние трещины имеют большое значение.
В Высшей Аттестационной Комиссии (ВАК) могут прицепиться из-за логического противоречия:
Один из членов ученого совета усмотрел логическое противоречие между таким очень малым участком контакта берегов трещины и тем, что расстояние от вершины левой трещины до точки приложения вертикальных сил к берегам левой трещины много меньше характерного размера конструкции.
\*\*\*\* Мои (Миши) вопросы по пьезоэлектрической диссертации:
\*\*\*\*\* В математическом плане данная задача о двух краевых трещинах эквивалентна задаче о штампе, действующем на упругое полупространство и эквивалентна задаче о внутренней трещине на границе раздела двух полупространств?
\*\*\*\*\* В данной диссертации рассматривалась только связь электрического потенциала, электрической индукции и механических напряжений и не рассматривались уравнения максвелла, используемые для электропроводных тел?
\*\*\*\*\* Один из членов ученого совета усмотрел логическое противоречие между таким очень малым участком контакта берегов трещины и тем, что расстояние от вершины левой трещины до точки приложения вертикальных сил к берегам левой трещины много меньше характерного размера конструкции.
Причем здесь d-a, h?
\*\*\*\*\* Зачем вводить выражение перемещений через произведение констант на аналитические функции и таким образом сводить задачу к решению однородной системы линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) относительно этих констант? Как можно аналитически решить СЛАУ? Ведь в диссертации решение строится аналитически.
\*\*\*\*\* Зачем использовать матричное представление?
\*\*\*\*\* Где и как найти статьи и монографии Антипова (одессита бывшего и/или нынешнего), который работал/ работает в области исследования межфазных трещин с учетом трения берегов трещины?
Прошу помочь мне найти ответы на эти вопросы.
-
Го = Гоман (Гомон).
Ка = Каминский.
Ку = Кузьменко профессор с факультета прикладной математики (ФПМ), Днепропетровского национального университета (ДНУ). Я его считаю очень высоко квалифицированным специалистом по теории пластичности, механике, математике (видимо, лучшим в Днепропетровске по теории пластичности).
Ло = Лобода Владимир Васильевич.
По = Поляков - ректор ДНУ.
См = Смирнов.
Фи = Филиппова (Чернецкая).
Че = Черняков Юрий Абрамович, профессор кафедры теоретической и прикладной механики, механико-математического факультета ДНУ.
-

Межфазная трещина, диссертация:
Просьба срочно ответить по теме данной диссертации, чтобы помочь мне разобраться в этой диссертации.
Я не успеваю ознакомиться со всей литературой по этой диссертации из-за технических трудностей.
-
Объясните мне, пожалуйста, смысл и основные идеи, приведенные в предыдущих и следующих статьях, и монографиях и/или помогите, пожалуйста, найти эти статьи и монографии:
Sosa H. Plane problems in piezoelectric media with defects // Int. J. Solids Structures. - 1991. - 28. - P. 491 - 505.
Srivastava K.N., Palaiya R.M., Ghoudhary A. System of Griffith cracks lying at the interface of two bobded dissimilar elastic half-planes // Indian. J. Pure and Appl. Math. - 1979. - 10, №5. - P. 633 - 645.
Sturla F.A., Barber J.R. Thermal stresses due to a plane crack in general anisotropic material // J. of Appl. Mech. - 1988. - 65. - P. 372 - 376.
Suo Z., Kuo C.M., Barnett D.M., Willis J.R. Fracture mechanics for piezoelectric ceramics // Journal Mech. Physi. Solids. - 1992. - 40. - P. 739 - 765.
Ting T.C.T. Explicit solution and invariance of the singularities at an interface crack in anisotropic composites // Int. J. Solids Structures. - 1986. - 22. - P. 965 - 983.
Wang S.S., Choi I. The crack behavior in dissimilar anisotropic composites under mixed-mode loading // J. Appl. Mech. - 1983. - 50. - P. 179 - 183.
Williams M.L. The stres around a fault or cracks in dissimilar media. Bulletin the Seismological Society of America. - 1959. - 49. - P. 199 - 204.
-
\*\* Вопросы по диссертации о межфазной трещине:
\*\*\* Почему срсредоточенные силы заданы в Ньютонах на метр (Н/м) как распределеннын силы, а не в Ньютонан (Н)?
\*\*\* На каких расстояних законы квантовай физики начинают преобладать над законами классической физики?
-

Межфазная трещина, диссертация:
Прошу еще раз срочной помощи в том, чтобы разобраться в этой диссертации:
Филиппова Ольга Сергеевна (девичья фамилия Чернецкая, дочь бывшего и/или нынешнего сотрудника кафедры теоретической и прикладной механики, механико-математического факультета Днепропетровского национального университета (ДНУ (ДГУ (www.dsu.dp.ua))), проректора ДНУ по учебной работе Чернецкого Сергея Александровича).
Тема диссертации: Плоские задачи для сложенных анизотропных и пьезоэлектрических тел с внешними межфазными трещинами.
01.02.04 - механика деформированного твердого тела.
Защита этой диссертации состоится 22 июня 2007 года в 14:30 по украинскому летнему времени на заседании специализированного ученого совета Д 08.051.10 при ДНУ по адресу: г. Днепропетровск, проспект Карла Маркса, 35, корпус 5, ауд. 85.
С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке ДНУ по адресу: 49050, г. Днепропетровск, ул. Казакова, 8.
-
\*\* Срочно нужно помощь по таким вопросам:
\*\*\* Порошу ответить хоть на какие-нибудь из моих вопросов по этой диссертации:
\*\*\*\* Мне не понятно из диссертации как получено аналитическое решение. Пожалуйста, объясните.
\*\*\*\* Почему в этой диссертации не используется метод граничных интегральных уравнений (ГИУ), используемый в работах Говорухи В. и Лободы В.В.?
\*\*\*\* Почему в этой диссертации не используется понятие квази- инварианта, используемое в работах Лободы В.В.?
\*\*\*\* Решались ли подобные задачи электро-упругости численно, например с помощью метода конечных элементов (МКЭ) и/или метода граничных элементов (МГЭ)? Если да, то на сколько совпадают результаты решения разными методами?
\*\*\*\* Почему в этой диссертации рассматривается задача на собственные значения?
\*\*\*\* Как можно рассматривать процессы на расстояниях порядка 10 в -285 степени метра? На этих расстояниях неизвестно что происходит. Вряд ли на этих расстояниях применима гипотеза сплошности (сплошная среда в теории механики деформируемого твердого тела), закон Ньютона работает примерно до расстояний, больших 0.1 мм (Узан, 2003)? На таких расстояниях даже законы квантовой физики могут не сработать? Почему не учитываются законы квантовой физики в этой диссертации? На каких расстояниях действует закон Кулона, который может вызывать притяжение берегов трещины? Второй закон Ньютона не работает на таких расстояниях, поскольку на таких расстояниях, видимо, работают законы квантовой физики и нет понятия "траектории".
\*\*\*\* Почему Лободу Владимира Васильевича (научного руководителя Филипповой (Чернецкой)) резко критиковали за эту модель трещины на конференции механиков в 1994 году в Днепропетровске? Оппоненты утверждали, что такая модель необоснованна, не подтверждается экспериментом.
\*\*\*\* Какие определяющие соотношения (форма связи между напряжениями и деформациями) используются в этой диссертации?
\*\*\*\* Присутствует только электрическая индукция, но не магнитная индукция?
\*\*\*\* Используются ли уравнения Максвелла?
\*\*\*\* Пьезоэлектрики анизотропные? Ортотропны? Сколько параметров жесткости пьезоэлектрических материалов, 10? Почему пьезоэлектрики рассматриваются отдельно от анизотропных материалов? Пьезоэлектрики изотропны?
\*\*\*\* Притяжение между берегами трещины приводит к образованию области контакта в окрестности вершины трещины?
\*\*\*\* Почему нет публикаций в серьезных международных научных журналах? Так ли это?
\*\*\*\* Почему нет ссылок на работы Филипповой О.С. в серьезных международных научных журналах? Так ли это?
\*\*\*\* Как силовые линии электрического поля могут тормозиться заполнителем трещины (об этом написано на странице 12 автореферата)?
\*\*\*\* Как и где найти статьи по электро- упругости одного ученого из Германии, с которым сотрудничал Лобода Владимир Васильевич в середине 1990-х годов?
\*\*\*\* Почему складывается впечатление, что эта диссертация - обман?
\*\*\*\* Почему в автореферате не приведены определяющие соотношения, связывающие напряжения с деформациями?
\*\*\*\* Не существует конкретных практических приложений задачи именно в этой постановке? Какой смысл рассматривать такую задачу в диссертации, если это нигде не применяется?
Если это фундаментальная теоретическая диссертация, то почему нет ссылок на эти работы Филипповой (Чернецкой) в серьезных теоретических международных научных англоязычных журналах, статьях, монографиях?
\*\*\*\* Почему не рассмотрен случай индукционного нагрева? Это случай сводится к обычной задаче термоупругости. Была бы дополнительная проверка правильности результатов.
\*\*\*\* Лобода Владимир Васильевич слабо ориентируется в электродинамике, в программировании? Лобода Владимир Васильевич силен в аналитических методах?
\*\*\*\* Динамика рассматривается? Почему? Если нет, то на сколько это адекватная реальности модель?
\*\*\*\* При Р1/Р2=0, то Р1=0, а Р2 может быть сколь угодно малым и при этом размер участка контакта берегов трещины остается одним и тем же, коэффициенты интенсивности напряжений остаются одними и теми же?
\*\*\*\* Как, когда и где в реальных конструкциях могут возникнуть такие нагружения такими сосредоточенными силами на берегах трещины?
\*\*\*\* Рассматривался ли контакт берегов трещины с трением? Получены ли аналитические решения для этого случая?
\*\*\*\* Рассматривался ли вопрос устойчивости тещин, например, с применением теории бифуркаций?
\*\*\*\* Какими параметрами обозначаются точки приложения сосредоточенных сил на левой трещине? Как эти параметры входят в уравнения? Не видно как вирируются точки приложения сосредоточенных сил. Нагружение на левой трещине отличается от нагружения на правой трещине? На левой трещине только вертикальные силы?
\*\*\*\* Чем отличаются лямбда с индексами 0, 1 и 2? Это - длины зон контакта берегов трещины при разных условиях?
\*\*\*\* В данном случае рассматривается фактически не задача о трещине, а задача о штапме? Эти две задачи эквивалентны в математическом плане?
-
\*\*\* Прошу помочь в поиске таких статей, монографий в электронном виде:
Моссаковский В.И., Рыбка М.Т. Обобщение критерия Грифитса-Снеддона на случай неоднородного тела // ПММ. - 1964. - 28, №6. - С. 1061 - 1069.
Мусхелишвили Н.И. Некоторые основные задачи математической теории упругости. - М.: Наука. - 1966. - 707 с.
Нахмейн Е.Л., Нуллер Б.М. Об одном методе решения контактных периодических задач для упругой полосы и кольца // Изв. АН СССР. МТТ. - 1976. - №3. - С. 53 - 61.
Нахмейн Е.Л., Нуллер Б.М. О некоторых краевых задачах и их приложениях в теории упругости // Изв. ВНИИГ им. Веденеева. - 1984. - 172. - С. 7 - 13.
Нахмейн Е.Л., Нуллер Б.М. Контакт упругой полуплоскости с частично отслоившимся штампом // Прикладная математика и механика. - 1986. - 50. - Вып. 4. - С. 663 - 673.
Нахмейн Е.Л., Нуллер Б.М. Давление системы штампов на упругую полуплоскость при общих условиях контактного сцепления и скольжения // ПММ. - 1988. - 52. - С. 284 - 293.
Нахмейн Е.Л., Нуллер Б.М. О дозвуковом стационарном движении штампов и гибких накладок по границе упругой полуплоскости и составной плоскости // ПММ. - 1989. - 53. - Вып. 1. - С. 131 - 144.
Нахмейн Е.Л., Нуллер Б.М. Динамические контактные задачи для ортотропной упругой полуплоскости и составной плоскости // Прикладная математика и механика. - 1990. - 54. - Вып. 4. - С. 633 - 641.
Нахмейн Е.Л., Нуллер Б.М. Периодические комбинированные краевые задачи и их приложения в теории упругости // ПММ. - 1992. - 56. - Вып. 1. - С.95 - 104.
. . . . . .
Партон В.З., Кудрявцев Б.А. Электромагнитоупругость пьезоэлектрических и электропроводных тел. - М.: Наука. - 1988. - 470с.
. . . . . .
Herrmann K.P., Loboda V.V. On intefrace crack models with contact zones situated in an anisotropic bimaterial // Archive of Applied Machanics. - 1999. - 69. - P.317-335.
Herrmann K.P., Loboda V.V. Fracture-mechanical assessment of electrically permeable interface cracks in piezoelectric bimaterial by consideration of various contact zone models // Archive of Applied Machanics. - 2000. - 70. - P. 127-143.
Herrmann K.P., Loboda V.V. Contact zone models for an interface crack in a thermomechenically loaded anisotropic bimaterial // Journal of Thermal Stresses. - 2001. - 24. - P. 479-506.
Herrmann K.P., Loboda V.V., Govorukha V.B. On contact zone models for an electrically impermeable interface crack in a piezoelectric bimaterial // International Journal of Fracture. - 2001. - 111. - P. 203-227.
Herrmann K.P., Loboda V.V. Fracture mechanical assessment of interface cracks with contact zones in piezoelectric bimaterial under thermoelectromechanical loadings I. Electrically permeable interface cracks // Int. J. Solids Structures. - 2003. - 4024. - P. 4191-4217.
. . . . . .
-

Чернецкий Сергей Александрович, видимо, проректор по учебной работе Днепропетровского национального университета (ДНУ (ДГУ (www.dsu.dp.ua))), доцент или профессор кафедры теоретической и прикладной механики механико-математического факультета ДНУ, играл в компьютерные игры по раскрыванию голых девушек. Мне не понятно, зачем такие важные люди играют в такие компьютерные игры.
Дочь Чернецкого Сергея Александровича, Филиппова Ольга Сергеевна (девичья фамилия - Чернецкая) защищает диссертацию по механике и электро-упругости на той же кафедре в том же университете.
Это - коррупция?
-

Прошу помощи в том, чтобы разобраться в этой диссертации:
Филиппова Ольга Сергеевна (девичья фамилия Чернецкая, дочь сотрудника кафедры теоретической и прикладной механики, механико-математического факультета Днепропетровского национального университета (ДНУ (ДГУ (www.dsu.dp.ua))) Чернецкого Сергея Александровича)
Тема диссертации: Плоские задачи для сложенных анизотропных и пьезоэлектрических тел с внешними межфазными трещинами.
01.02.04 - механика деформированного твердого тела.
Автореферат на соискание научной степени кандидата физико-математических наук.
Днепропетровск, 2007.
-
На правах рукописи.
Работа выполнена на кафедре теоретической и прикладной механики Днепропетровского национального университета.
Научный руководитель: Лобода Владимир Васильевич, доктор физико-математических наук, профессор, Министерство образования и науки Украины, заведующий кафедрой теоретической и прикладной механики Днепропетровского национального университета.
Официальные оппоненты:
Каминский Анатолий Алексеевич - Институт механики им Тимошенко НАН Украины, заведующий отдела механики разрушения,
Смирнов Сергей Александрович - декан экономического факультета ДНУ, доктор физико-математических наук, профессор.
Ведущая организация: Институт прикладных проблем механики и математики им. Подстригача НАН Украины, отдел математических методов механики разрушения и контактных явлений, г. Львов.
Защита этой диссертации состоится 22 июня 2007 года в 14:30 по украинскому времени на заседании специализированного ученого совета Д 08.051.10 при ДНУ по адресу: г. Днепропетровск, проспект Карла Маркса, 35, корпус 5, ауд. 85.
С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке ДНУ по адресу: 49050, г. Днепропетровск, ул. Казакова, 8.
Ученый секретарь профессор Дзюба.
. . . . .
-
\*\* Filipova O.S. The plane problems for composite anisotropic and piezoelectric bodies with external interface cracks. - Manuscript.
Thesis for Degree of the Candidate of Science in Physics and Mathematics by speciality: 01.02.04 - mechanics of deformable solid. - Dnipropetrovsk National University, Dnipropetrovsk, Ukraine, 2007.
The thesis deals with the external cracks in anisotropic and piezoelectric bimaterials. The case of pure mechanical loading as well as the combination of thermal and mechanical loading are considered. The models of the electrically permeable and electrically insulated cracks are considered for piezoelectric materials. New expressions for the components of stress-strain state via sectionally-holomorphic vector-functions are found. These expressions are convenient for the investigation of external interface cracks. The case of oscillating model were considered, but the main attention was devoted to the contact zone model, which admit the existing of a frictionless contact zone at the crack tip. In this case the problems are reduced to the combined Dirichlet-Riemann problems, which are solved exactly. Simple transcendental equations for the determination of the contact zone length and the clear expressions for the stress and electrical displacement intensity factors are obtained. The solution for an edge interface crack in a finite sized body is found by finite element method. This solution is compared with the associated analytical solution and good agreement is found. Different effects concerning the influence of mechanical loading and thermal field upon mechanical and electromechanical values at the external interface crack tip are illustrated.
Key words: interface crack, external crack, contact zones, stress intensity factors.
-
\*\* Мои вопросы к соискательнице:
\*\*\* Почему нет публикаций в серьезных международных научных журналах на английском языке?
\*\*\* Что нового в этой диссертации? Я занимался этой темой и не вижу ничего нового в этой диссертации.
\*\*\* Как определялся размер зоны контакта в этой контактной задаче или смешанной задаче?
\*\*\* Как обосновать игнорирование эффектами квантовой физики?
\*\*\* Есть ли ссылки на научные работы соискательницы в серьезных международных научных журналах на английском языке?
\*\*\* Какова роль отца соискательницы в этой диссертации?
-