



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ МАШИНОВЕДЕНИЯ РОССИЙСКОЙ
АКАДЕМИИ НАУК
(ИПМаш РАН)



В.О., Большой проспект, д.61, Санкт-Петербург, 199178
Тел.: (812)-321-4778; факс: (812)-321-4771; www.ipme.ru

ОГРН 1037800003560, ИНН/КПП 7801037069/780101001

УТВЕРЖДАЮ

Научный руководитель ИПМаш РАН
чл.-корр. РАН Д.А. Индейцев



09 ноября 2015 г.

О Т З Ы В

ведущей организации ИПМаш РАН на диссертационную работу
Перельмутера Михаила Натановича
«Модели и методы расчета процессов разрушения по границам соединения
материалов», представленную на соискание ученой степени доктора
физико-математических наук по специальности
01.02.04 – механика деформируемого твердого тела.

Диссертационная работа М.Н.Перельмутера посвящена актуальной теме – развитию моделей процессов, происходящих на границах фаз неоднородных структур и разработке эффективных методов численного решения задач механики разрушения в рамках новых моделей. Исследования диссертанта служат продолжением классической традиции в механике разрушения, основанной в начале 60-х годов XX столетия работами М.Я.Леонова, В.В.Панасюка и Д.Дагдейла. Предложенная ими модель концевой зоны трещины эффективно учитывала зону нелинейных физических процессов в вершине трещины, сводя эту область к прямолинейному отрезку. При этом вне разреза с концевой областью можно было применять аппарат линейной теории упругости.

Широкое применение современных композиционных материалов на основе полимерных матриц обусловило интерес исследователей к разработке новых механических моделей процессов разрушения, происходящих в концевых областях. Особую значимость

эти вопросы, приобретают в случае концевых зон большой протяженности. Здесь необходимо учитывать как изменчивость жесткости связей внутри зоны, так и эффекты, относящиеся к взаимному влиянию нормальной и касательной (к поверхности зоны) мод поведения связей. Данные вопросы, наряду с нелинейностью характеристик связей, определяют предмет диссертационной работы М.Н.Перельмутера.

Исследование напряженно-деформированного состояния неоднородного тела с трещиной и концевой зоной, вычисление коэффициентов интенсивности напряжений и усилий в связях проводится методами граничных интегральных уравнений. Данный инструмент в наибольшей мере отвечает специфике решаемых задач. В случае контакта полуплоскостей задача сводится к определению неизвестных смещений на поверхности концевой области. При этом эффективно используется метод сингулярных интегро-дифференциальных уравнений. Для ограниченных составных тел применяется метод граничных элементов, основанный на прямой формулировке метода граничных интегральных уравнений.

Разработанные методики реализованы в пакете прикладных программ, позволяющих решать широкий класс задач теории упругости и стационарной теплопроводности для неоднородных тел с трещинами на границе фаз. Возможности предложенных автором моделей демонстрируются на большом числе содержательных примеров.

Диссертационная работа оформлена в соответствии с требованиями ВАК РФ, содержит большое число иллюстраций, способствующих восприятию содержания текста. Число обнаруженных опечаток минимально. Автореферат хорошо отражает полученные автором результаты.

Разработанные и реализованные в диссертации М.Н. Перельмутера новые модели для тел с трещинами с концевой зоной представляют несомненный практический интерес. Это связано, прежде всего, с широким применением композитов (как матричных, так и слоистых) в самых разных областях техники - от авиастроения до микроэлектроники. При этом необходимо обеспечивать как прочность, так и надежность функционирования структур, имеющих контрастные физические свойства и масштабный уровень от сантиметров до нанометров (углеродные матрицы с нанотрубками). Многочисленные примеры расчетов, приведенные в диссертации, можно гипотетически рассматривать в качестве основы некоего задачника по механике разрушения для неоднородных тел с трещинами на границах фаз. При дополнении предложенных методов расчета исходными данными о размере и жесткости связей в концевой зоне можно рекомендовать включить

результаты диссертации в новые издания известных справочников по механике разрушения (например, под редакцией Г.Си или Ю.Мураками).

Представляются существенными следующие замечания по диссертационной работе:

1. На наш взгляд, можно было бы опустить разделы диссертации (5.3 и др.), связанные с термофлуктуационной моделью кинетики связей в концевой области. Идейная цельность работы обеспечивается распространением концепций и методов механики хрупкого разрушения. Для оценки долговечности конструкций и учета факторов времени и температуры достаточно было бы применить термо-вязкоупругие модели связей.
2. В разделе 1.3 в соотношениях (1.33), определяющих поведение связей, вводится нормирующий параметр H , который назван: «линейный размер, пропорциональный толщине зоны неоднородности на участке соединения материалов». Почему не просто толщина? При конкретных расчетах не может быть использован для нормировки столь неопределенный параметр. Кроме того, вызывают недоумение обсуждение условия высокой жесткости, когда $H/l \gg 1$, где l – половина длины трещины. Трудно представить такую конфигурацию, если H имеет порядок толщины зоны.
3. Практически все расчеты для примеров главы 3 проводятся для условий, когда модуль упругости связей равен модулю упругости одной из фаз соединения. Насколько оправдано с физической точки зрения такое допущения, и как сильно зависят от него результаты расчетов?
4. При анализе результатов расчетов для случая нелинейных характеристик связей (раздел 3.2) обсуждается вопрос о расходимости итерационного процесса, связанной с нелинейностью. Возникает вопрос о том, можно ли в связи с этим говорить об условиях потери устойчивости равновесия тела с трещиной и концевой областью.
5. Отмеченный в разделе 3.1.2 эффект частичного закрытия трещины при действии внешних сдвиговых усилий и большой протяженности концевой области требует видоизменения постановки задач о трещинах. Зоны закрытия заранее неизвестны, поэтому следует вводить дополнительные итерационные циклы, существенно осложняющие решение, что особенно важно для нелинейных характеристик связей. Автору следовало бы более детально осветить этот вопрос.

Приведенные замечания не снижают общей высокой оценки диссертационной работы М.Н. Перельмутера. Автором сделан значительный вклад в развитие методов решения теоретических и прикладных задач прочности слоистых и матричных композитов.

М.Н. Перельмутер продемонстрировал высокую научную квалификацию в области механики гетерогенных тел и численных методов решения задач математической физики.

Диссертационная работа отвечает всем требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям (п. 7 Положения ВАК РФ о порядке присуждения ученых степеней). Ее автор, **Перельмутер Михаил Натанович**, заслуживает присуждения ему ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.02.04 – механика деформируемого твердого тела.

Отзыв составлен старшим научным сотрудником лаборатории Численных моделей механики материалов и конструкций ИПМаш РАН, кандидатом технических наук Кошелевым Вадимом Федоровичем, тел. 8 (921) 862 45 06.

Отзыв был рассмотрен и одобрен на заседании сотрудников отдела Математических методов в механике материалов и конструкций ИПМаш РАН 06 ноября 2015 г. (Протокол №14).

Присутствовало 12 человек.

Проголосовали «за» - 12, «против» и воздержавшихся нет.

Зав. отделом Математических методов
в механике материалов и конструкций
проф., д.ф.-м.н. Фрейдин А.Б.



С.н.с., к.т.н. Кошелев В.Ф.



Подпись *А.Б. Фрейдина и В.Ф. Кошелева*
УДОСТОВЕРЯЮ По мнению ДИРЕКТОРА
ИПМАШ РАН *А.Б. Фрейдин*
06 ноября 2015 г.

