

ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертационную работу Крауса Александра Евгеньевича
«ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ ГЕТЕРОГЕННЫХ
МАТЕРИАЛОВ ПРИ ДИНАМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ»,
представленную на соискание ученой степени кандидата физико-
математических наук по специальности 01.01.08 – «Механика
деформируемого твердого тела»

В последние годы вопросы исследования механического поведения гетерогенных материалов приобретают всё большую актуальность в связи с расширением их применения в ответственных изделиях аэрокосмической и оборонной промышленности. Особенно актуально изучение их динамических характеристик в связи с мезоструктурой, поскольку современные аддитивные технологии позволяют создавать эффективные материалы с программируемой сложной структурой, что не позволяет применять традиционные методы анализа.

Первая глава посвящена определению свойств гетерогенного материала за фронтом ударной волны без учета разрушения. Описана математическая постановка задачи, используемая во всех главах. Рассмотрены аддитивная модель смеси и прямое численное моделирование гетерогенного материала. Проведено сравнение результатов моделирования распространения плоской ударной волны в гетерогенном материале с результатами экспериментов.

Упругие характеристики гетерогенного материала, определенные при помощи моделирования гетерогенного материала соответствуют экспериментальным данным с погрешностью менее 5%.

Рассмотрены несколько вариантов граничных условий между матрицей и включениями для прямого численного моделирования нагружения гетерогенного материала с макровключениями. Показано, что при всех

рассмотренных типах граничных условий между матрицей и включениями, результаты для модели с макровключениями сходятся с результатами аддитивной модели смеси в пределах погрешности 2% *без учета разрушения*. Исследовано также влияние размеров макроскопических включений на распространение плоской ударной волны.

Во второй главе рассмотрено определение свойств гетерогенного материала за фронтом ударной волны *с учетом разрушения*. Проведено численное моделирование откольного эксперимента, показавшего, что профили скорости свободной поверхности, рассчитанные прямым численным моделированием, соответствуют результатам экспериментов для гетерогенных материалов с погрешностью менее 10%.

На основе результатов моделирования откола при нагружении плоской ударной волной проведена аппроксимация предельного откольного разрушения гетерогенного материала и сформулирована зависимость предельного откольного напряжения гетерогенного материала от концентрации его компонентов. Определены предельные деформации разрушения гетерогенных материалов и получено соотношение для описания предельных деформаций в функции концентрации его компонентов. Все определенные динамические параметры гетерогенного материала согласуются с результатами экспериментов с погрешностью до 20%.

Третья глава посвящена применению гетерогенных материалов в защитных структурах. Рассмотрены прикладные задачи, посвященные динамической нагрузке гетерогенного материала: влияние компоновки пакета индивидуальной защиты человека на снижение ударного воздействия.

Результаты моделирования показали, что применение гетерогенных материалов для изготовления пластин в защитных пакетах снижает величину ударного воздействия.

Рассмотрены задачи о повышении стойкости защитных элементов космических аппаратов при взаимодействии с частицами космического мусора. В частности, решена задача о моделировании объемно

армированного металломатричного композита (ММК) с учетом разрушения. Показано, что применение ММК снижает объем образующегося запреградного облака осколков.

В заключении приведены выводы по диссертации, подводящие итог всех изложенной работе.

Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературных источников из 183 наименований. Содержит 156 страниц машинописного текста, 79 рисунков и 18 таблиц.

Данная диссертация рассматривает важные аспекты численного моделирования динамических характеристик гетерогенных материалов. В настоящее время моделирование динамического нагружения таких материалов позволяет определять их упругие характеристики, используя данные о свойствах компонентов и их концентрации. Однако остаётся открытой проблема определения *параметров разрушения* гетерогенных материалов. Современное состояние науки требует проведения непростых экспериментальных исследований для определения этих параметров.

В данной работе предложены новые подходы к оценке параметров разрушения гетерогенных материалов *без проведения экспериментов* по динамическому нагружению. Это демонстрирует научную новизну и практическую ценность представленных результатов.

В диссертационной работе А. Е. Крауса получены новые результаты, имеющие несомненную научную ценность. Они были получены посредством численного моделирования динамического нагружения гетерогенных материалов и сравниваются с результатами экспериментов других авторов. Все представленные результаты численных расчетов показали удовлетворительную сходимость с результатами экспериментов других авторов.

В работе получены зависимости между параметрами разрушения гетерогенных материалов и характеристиками их компонентов в виде аппроксимационных формул. Эти соотношения могут использоваться для

оперативной оценки параметров разрушения гетерогенных материалов, обеспечивая достаточно точное предсказание их поведения под нагрузкой.

В качестве замечаний и рекомендаций к работе отметим следующее:

1. Возможность отказа от проведения динамических экспериментов для определения характеристик прочности гетерогенных материалов требует указания границ применимости предложенного в диссертации подхода.
2. Отмечая погрешности моделирования, автор не указывает на конкретные сравниваемые параметры (максимальные значения или среднеквадратичное отклонение, или др.).
3. Формулировки выводов с использованием сравнений типа «сильно», «малые», «несущественно» и т.п. требуют большей корректности.
4. Констатируя наблюдаемы в численных «экспериментах» результаты, автор, к сожалению, не приводит объяснений, т.е. подтверждённых гипотез, что наиболее ценно в научных работах.

Следует отметить, что указанные замечания несущественно снижают общую научную ценность выполненной работы.

Диссертационная работа по содержанию и методам исследования соответствует пунктам: 2 - «Теория определяющих соотношений деформируемых тел с простой и сложной структурой», 4 - «Механика композиционных материалов и конструкций, механика интеллектуальных материалов», 8 - «Динамика деформируемого твёрдого тела. Теория волновых процессов в средах различной структуры», 12 - «Вычислительная механика деформируемого твёрдого тела» паспорта специальности 1.1.8 - Механика деформируемого твердого тела, физико-математические науки.

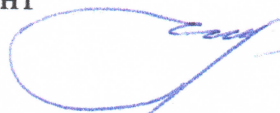
Основные результаты диссертационной работы опубликованы в 18 научных публикациях, включая 6 статей в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК, 12 статей в журналах, включенных в библиографическую базу цитирования Web of Science и Scopus. Положения и выводы диссертации прошли апробацию на ряде научных конференций.

Автореферат соответствует содержанию диссертационной работы.

Диссертация удовлетворяет пункту 9 Положения о присуждении ученых степеней от 24 сентября 2013 года №842, а именно: является научно-квалификационной работой, демонстрирующей возможность расчётного определения критериев разрушения при динамическом нагружении гетерогенных материалов.

Учитывая вышеизложенное, считаю, что диссертационная работа «Определение прочностных свойств гетерогенных материалов при динамических воздействиях» соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Краус Александр Евгеньевич, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.01.08 – «Механика деформируемого твердого тела».

Официальный оппонент



Сапожников Сергей Борисович

Доктор технических наук (специальность 01.02.04 - Механика деформируемого твердого тела), профессор, главный научный сотрудник, профессор кафедры «Техническая механика», Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)»

Адрес организации: 454080, Россия, Челябинск, проспект им. В.И.Ленина, 76.

Телефон: +7(912)7957271

E-mail: sapozhnikovsb@susu.ru

Подпись С.Б.Сапожникова заверяю.

20.11.2024

ВЕРНО

Ведущий документовед
О.В. Брюхова

