

ОТЗЫВ

официального оппонента Радченко Павла Андреевича 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 1.1.8 – «Механика деформируемого твердого тела».

Диссертация посвящена актуальным вопросам описания динамических характеристик гетерогенных материалов. Современные технологии аддитивного производства позволяют конструировать материалы, которые требуют изучения. На данный момент моделирование гетерогенного материала при динамическом нагружении позволяет определять упругие характеристики гетерогенного материала на основе характеристик его компонент и их концентрации. Однако, не закрытым вопросом остается определение параметров разрушения. На данный момент определение параметров разрушения гетерогенного материала требует экспериментальных исследований. Данная диссертационная работа предлагает ряд решений для исследования параметров разрушения гетерогенных материалов без экспериментальных результатов по нагружению исследуемых материалов.

Сказанное выше подтверждает актуальность вопросов, затронутых в диссертации, и говорит о своевременности проведенных исследований.

Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, заключения и списка литературы. Во введении обоснована актуальность исследования, сформирована цель и задачи работы. В заключении представлены выводы по всей работе и намечены пути дальнейшего исследования.

Первая глава посвящена определению свойств гетерогенного материала за фронтом ударной волны без учета разрушения. В главе описана математическая постановка задачи, используемая во всех главах. Описаны

модели гетерогенного материала, а именно аддитивная модель смеси и прямое численное моделирование. 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 в пределах погрешности 5%. Рассмотрены несколько вариантов граничных условий между матрицей и включениями для прямого численного моделирования нагружения гетерогенного материала с макровключениями и показано, что при всех рассмотренных типах граничных условий между матрицей и включениями, сходятся с результатами аддитивной модели смеси в пределах погрешности 2%, без учета разрушения. Исследовано влияние размеров макровключений на распространение плоской ударной волны.

Вторая глава посвящена определению свойств гетерогенного материала за фронтом ударной волны с учетом разрушения. В главе рассмотрена идентификация динамических параметров гетерогенного материала. Проведено численное моделирование откольного эксперимента, показавшего, что профили скорости свободной поверхности, рассчитанные прямым численным моделированием, сходятся с результатами экспериментов для гетерогенных материалов в пределах погрешностей 10%. Проведена аппроксимация предельного откольного разрушения гетерогенного материала на основе результатов моделирования откола под нагружением плоской ударной волной. На основе этого сформулирована зависимость предельного откольного напряжения гетерогенного материала от концентрации его компонент. Проведено исследование по определению предельных деформаций разрушения гетерогенных материалов из которого получено соотношение для описания предельных деформаций разрушения гетерогенного материала на основе концентрации его компонент. Все определенные динамические параметры гетерогенного материала сходятся с результатами экспериментов в пределах погрешности 20%.

Третья глава посвящена применению гетерогенных материалов в защитных конструкциях. Рассмотрены прикладные задачи, посвященные динамической нагрузке гетерогенного материала: влияние компоновки пакета индивидуальной защиты на снижение ударного воздействия. Результаты моделирования показали, что применение гетерогенных материалов для изготовления пластин в защитных пакетах снижает величину ударного воздействия. Исследовано влияние скорости сноса на критические углы рикошетирующего удлиненного стержня от гетерогенной преграды. Рассмотрены задачи о повышении стойкости защитных элементов космических аппаратов при взаимодействии с частицами космического мусора, а в частности решена задача о моделировании объемно армированного металломатричного композита (ММК) с учетом разрушения. Показано, что применение подобных ММК снижает объем образующегося запреградного облака осколков.

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

Таким образом, в диссертационной работе А. Е. Крауса получены новые результаты, имеющие научную ценность. Результаты получены путем численного моделирования динамического нагружения гетерогенного материала и аналитической оценки полученных результатов. В работе определены зависимости параметров разрушения гетерогенных материалов от параметров разрушения и концентраций компонент сведенные к аппроксимационным формулам. Данными соотношениями можно пользоваться для оценки параметров разрушения гетерогенных материалов. Следовательно, итоги проведенного автором исследования вносят заметный вклад в области моделирования гетерогенных материалов.

Практическая значимость данной работы обусловлена широким спектром применения гетерогенных материалов. Также показана возможность моделирования гетерогенных материалов со сложной гетерогенной структурой.

В качестве замечаний и рекомендаций к работе отмечу следующее:

1. В разделе 1.5 указано, что применяется искусственная вязкость. Хотелось бы увидеть используемые при этом уравнения и значения выбранных эмпирических констант.
2. В разделе 1.8 автор сравнивает влияние размера включений на рассеяние ударных волн. При этом размер включений приводится в количестве расчетных ячеек, а размеры исследуемого образца в сантиметрах. Нагляднее было бы приводить размер включений либо в абсолютных величинах, либо относительно размеров образца в целом.
3. В диссертационной работе приведено большое количество графиков аппроксимаций результатов численного расчета методом наименьших квадратов. К сожалению, автор не приводит вид предполагаемых зависимостей и зачастую их выбор является спорным.
4. Указано, что при разрушении материал может быть заменен дискретной частицей конечного размера, имеющей определенную массу и импульс. Из текста диссертации неясно, имеют ли данные частицы объем и реализуется ли контактное взаимодействие частиц между собой.

Отмечу, что указанные замечания не влияют на общую положительную оценку 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 хорошую апробацию на научных конференциях. Автореферат прекрасно отражает содержание диссертации и суть проведенных исследований. А главное результаты исследований и их текущие положение в науке.

Диссертация написана единолично, обладает внутренним единством и содержит новые научные результаты, свидетельствующие о личном вкладе автора в развитии механики деформируемого твердого тела.

Диссертация Крауса Александра Евгеньевича удовлетворяет пунктам 9–11, 13, 14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» №842 (в редакции от 16 октября 2024 года), утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации 24 сентября 2013 года, а именно является законченной научно-квалификационной работой, демонстрирующей возможность определения критериев разрушения при динамическом нагружении гетерогенных материалов. Результаты, полученные в работе, имеют существенное значение для развития моделирования деформируемых гетерогенных тел с учетом разрушения.

Учитывая вышеизложенное, считаю, что диссертационная работа «Определение прочностных свойств гетерогенных материалов при динамических воздействиях» соответствует всем 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 1.1.8 – «Механика деформируемого твердого тела».

Я, Радченко Павел Андреевич, даю свое согласие на включение своих данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

Официальный оппонент:

Доктор физико-математических наук (специальность 1.1.8 – Механика деформируемого твердого тела), доцент, научный сотрудник федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт физики прочности и материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук (ИФПМ СО РАН).

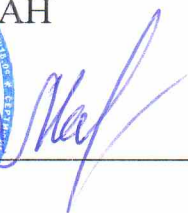
27.11.2024



Радченко Павел Андреевич

Подпись Радченко Павла Андреевича заверяю.

Ученый секретарь ИФПМ СО РАН



Матолыгина Наталья Юрьевна

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики прочности и материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук (ИФПМ СО РАН). пр. Академический, 2/4, г. Томск, Россия, 634055. Телефон: +7 (3822) 286-941. E-mail: root@ispms.tomsk.ru.