

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Паульзен Анны Евгеньевны «Математическое моделирование термомеханических процессов в мягких оболочках из тканых полимерных материалов», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

Диссертация Паульзен А.Е. посвящена *актуальной и практически важной теме* разработки физико-математических моделей для расчета нестационарных термомеханических процессов в тканых полимерных материалах при ударных нагрузках. Выбор конструкционных параметров многослойных тканых материалов, обеспечивающих максимальное энергопоглощение при ударе, является достаточно сложной и нерешенной проблемой. Многообразие механизмов поглощения (преобразования кинетической энергии ударника в тепло) требует их детального математического моделирования и последующего анализа для определения рациональных параметров защитного тканого полимерного материала. Очевидно, что поиск этих параметров числовым экспериментальным путем (например, методом динамических термограмм) практически невозможен из-за непомерно большого числа необходимых вариантов испытаний. Выход заключается в применении расчетно-экспериментального подхода, при котором рациональные параметры находятся численным моделированием удара по защитному материалу, а подтверждение полученных рациональных параметров проводится экспериментально в единичных испытаниях. Разработке расчетных средств для реализации первой части подхода и посвящена данная работа.

Располагая численным кодом на основе предлагаемой физико-математической модели, автор детально исследовал особенности нестационарных температурных полей в многослойном защитном пакете из полимерной ткани при ударе абсолютно жестким сферическим элементом. При этом получено удовлетворительное согласие с экспериментально измеренными температурами.

По нашему мнению, наиболее существенными результатами, полученными соискателем и определяющими *научную новизну и практическую значимости работы*, являются следующие.

1. Разработана физико-математическая модель деформирования многослойного защитного пакета из полимерной ткани при ударе абсолютно жестким элементом, включающая и описание процессов преобразования кинетической энергии ударника в тепло. Новизной этой модели, обеспечивающей преимущество по сравнению с известными, является отдельное описание стадий уплотнения и деформирования, как оболочки. Также существенно важным является учет в модели взаимного проскальзывания слоев пакета и трения между ними. Последнее (трение) является одним из ведущих каналов преобразования кинетической энергии в тепло.

2. Модернизирован и численно реализован алгоритм расчета оболочечной стадии деформирования. Алгоритм обладает принципиальной новизной, суть которой в расщеплении неявной конечно-разностной схемы по процессам (переносного и относительного движения). Такое расщепление значительно сокращает временные затраты на вычисление.
3. На основе разработанного вычислительного алгоритма создан комплекс программ, его реализующих. Особенностью комплекса является представление программного кода в виде ориентированной сети конечных автоматов с побочными эффектами.
4. Проведена валидация предлагаемого расчетного комплекса и установлены его точностные характеристики.
5. На основе разработанного программного комплекса программ выполнено исследование нестационарных температурных полей, формирующихся в зоне удара абсолютно жестким сферическим элементом по многослойному защитному пакету из тканого материала.

Достоверность научных результатов и выводов диссертации Паульзен А.Е. обусловлена: корректной физико-математической постановкой рассматриваемой задачи; использованием современных численных методов; сравнением с расчетными и экспериментальными данными.

Таким образом, диссертационная работа Паульзен А.Е. выполнена на высоком научном уровне, содержит ряд новых результатов, имеющих важное значение для практики. Выводы в диссертации, сделанные на основе полученных расчетных результатов, являются обоснованными и их достоверность не вызывают сомнений. Результаты диссертации неоднократно докладывались и обсуждались на международных и всероссийских конференциях. Опубликованные в 17 печатных изданиях (3 – статьи, рекомендованные ВАК, 2 – статью в журналах, индексируемых в БД SCOPUS и Web of Science) данные содержат полную информацию о полученных результатах. Приведенная в диссертации библиография отражает современный уровень проблемы. Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

В качестве замечания следует отметить, что, хотя полученные соискателем результаты численных исследований температурных полей имеют важное практическое значение, они не выносятся на защиту.

Сделанное замечание не изменяет положительной оценки диссертации Паульзен А.Е.

Общая оценка работы. В целом, диссертация Паульзен А.Е. представляет собой завершенную *научно-квалификационную работу*, выполненную на актуальную тему и на высоком научном уровне. Достоверность полученных результатов сомнений не вызывает.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации. Полученные результаты могут быть использованы в практической деятельности научно-исследовательских учреждений, занимающихся разработкой полимерных текстильных (тканых) броневых материалов и бронежилетов на их основе, таких как

АО «Центральный научно-исследовательский институт специального машиностроения», АО «НИИ стали» и др.

Заключение. Диссертационная работа Паульзен Анны Евгеньевны «Математическое моделирование термомеханических процессов в мягких оболочках из тканых полимерных материалов» полностью удовлетворяет квалификационным требованиям, изложенным в пункте 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства РФ №842 от 24 сентября 2013 г., а защищаемые положения соответствуют пунктам 3, 4, 5 Паспорта научно специальности 05.13.18.

Автор диссертации, Паульзен Анна Евгеньевна, заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Главный научный сотрудник
отдела Экстремальных состояний вещества
Института проблем химической физики РАН,
доктор технических наук по специальности 20.00.14 «Вооружения и военная техника.
Комплексы и системы военного назначения», профессор

«20» 12 2021 г.

Острик Афанасий Викторович

e-mail: ostrik@icp.ac.ru

служебный телефон: +7(496-52) 2-52-44, моб. телефон: +7(926) 981-32-43

служебный адрес: 142432, г. Черноголовка, пр. Акад. Семенова, д.1, ИПХФ РАН

домашний адрес: 142432, г. Черноголовка, ул. Коммунальная 3-А, кв.31.

Я, Острик Афанасий Викторович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Паульзен А.Е. и их дальнейшей обработкой.

Подпись А.В. Острика заверяю
Ученый секретарь ИПХФ РАН
Доктор химических наук

Б.Л. Психа

Отзыв поступил
в совет 12.01.2022