

ОТЗЫВ официального оппонента
на диссертацию на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук Беляева Антона Павловича
на тему: «Разработка разноуровневых математических моделей и
исследование механизмов пробивания многослойных тканевых преград»
по специальности 01.02.04 – «Механика деформируемого твердого тела»

Диссертация Беляева А.П. посвящена **актуальной** проблеме – разработке разноуровневых математических моделей и исследованию механизмов пробивания многослойных тканевых преград. Несмотря на значительное число работ по рассматриваемой тематике, существует потребность в разработке надежных и эффективных методов расчета многослойных тканевых преград при ударном нагружении. Это обусловлено большой практической важностью решения подобного рода задач, а также сложностью и многообразием явлений, сопровождающих такие процессы. Многослойные тканевые преграды как элемент защиты от ударного воздействия широко используются при производстве средств индивидуальной бронезащиты, в корпусных элементах авиационной и космической техники и др. Преимущество тканых преград по сравнению с металлическими – относительно малая плотность при сопоставимой энергопоглощающей способности.

Объем и структура диссертационной работы. Диссертация состоит из оглавления, введения и обзора литературы, трех глав, заключения, списка литературы и приложения. Общий объем диссертации составляет 130 страниц, список литературы состоит из 62 наименований.

Во **введении** приводится обзор литературы по изучаемой теме и сформулированы цели работы.

В первой главе «Определение геометрических параметров и статических упругих модулей» приведено экспериментальное определение констант, необходимых для моделирования тканевых преград. Определены геометрические параметры арамидных нитей для тканей полотняного плетения, саржевых 2/2, 3/3, 14 и 2111 методом микрофотосъемки. Далее определены механические свойства арамидных нитей в продольном направлении. Проведено два типа экспериментов по определению межслойных коэффициентов трения тканых образцов. Автором создан и запатентован специальный захват с величиной сжимающей силы от 50 кгс для проведения экспериментов по определению коэффициентов межслойного трения. Проведены эксперименты по пробиванию многослойных тканых преград полотняного плетения ударниками сферической и оживальной форм при скоростях соударения до 500 м/с и определены запреградные скорости.

Вторая глава «Высокодетализированное моделирование» посвящена разработке в системе конечно-элементного моделирования LS-Dyna высокодетализированных компьютерных моделей тканей на основе арамидных нитей. Автором построены высокодетализированные модели арамидных тканей пяти типов плетения, учитывающие геометрию сечения продольных и поперечных нитей. Далее выполнено моделирование процессов пробивания и проведен анализ запреградных скоростей и механизмов поглощения энергии при пробивании многослойных защитных преград различных плетений ударниками сферической и оживальной форм, выделены основные механизмы поглощения энергии в условиях низкоскоростного пробивания, в качестве которых выступают изменение кинетической энергии нитей и межволоконное трение. Построены высокодетализированные модели тканей с трехмерным плетением (поперечной прошивкой). Выполнены экспериментальные исследования их пробивания и численное моделирование с использованием созданных

моделей. Проведен анализ запреградных скоростей и механизмов поглощения энергии. Показано отсутствие влияния поперечной прошивки на защитные свойства.

В **третьей главе** «Редуцированное моделирование тканого слоя» описаны упрощенные модели тканей пяти типов плетения на основе балочных элементов, менее требовательные к вычислительным ресурсам. Модели были верифицированы по результатам баллистических тестов. Автором проведены расчеты по сравнению пробивания четырехслойных образцов различных типов плетения, выделены наиболее перспективные. Далее исследованы комбинации слоёв различного плетения в многослойных преградах с точки зрения защитных свойств. Показано, что наиболее перспективным из исследованных способов укладки является редкое чередование определенных саржевых слоёв. Определены ведущие механизмы поглощения кинетической энергии ударника при пробивании: изменение кинетической энергии нитей и межволоконное трение.

В **заключении** формулируются основные результаты диссертации.

В перечисленных исследованиях автора научную **новизну** составляют модели тканых преград пяти типов плетений, предложенные в третьей главе диссертации; специальный запатентованный захват, обеспечивающий трансверсальные сжимающие нагрузки и позволяющий проводить эксперименты по вытягиванию слоя ткани, описанный в первой главе диссертации, и методика определения статических и динамических коэффициентов межслойного трения с его помощью.

Достоверность и обоснованность полученных в диссертации результатов обусловлена сравнением полученных результатов с экспериментальными данными. Для решения задач пробивания тканевых

преград автор использует апробированные пакеты прикладных программ, реализующие известные численные методы и схемы.

Практическая значимость работы заключается в том, что предложенные модели тканевых преград могут быть использованы при разработке и оптимизации средств индивидуальной бронезащиты.

Замечания по тексту диссертации и результатам работы:

1. Баллистические ткани в бронепанелях, например, бронежилетов имеют размер порядка 300×300 мм. Автором в расчетных и экспериментальных исследованиях были рассмотрены ткани размером не более 150×150 мм. Известно, что размер ткани влияет на ее баллистическую стойкость.

2. При определении упругих и предельных параметров нитей (стр. 18, табл. 4), например, для саржи 3/3 указаны параметры только для 2-х нитей. Каков разброс свойств для рассматриваемых в работе нитей?

3. В обзоре состояния вопроса, на мой взгляд, недостаточно учтены работы за последние несколько лет.

Вместе с тем, указанные замечания не умаляют значимости диссертационного исследования. Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В. Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 01.02.04 – «Механика деформируемого твердого тела» (по физико-математическим наукам), а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова, а также оформлена, согласно приложениям № 5, 6 Положения о диссертационном совете Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

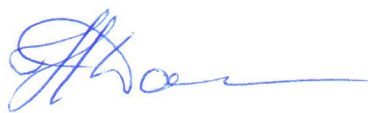
Таким образом, соискатель Беляев Антон Павлович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 – «Механика деформируемого твердого тела».

Официальный оппонент:

кандидат технических наук, заместитель руководителя лаборатории суперкомпьютерного моделирования; доцент кафедры системного программирования Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)»

ДОЛГАНИНА Наталья Юрьевна

Дата подписания 24 мая 2019 года



Контактные данные:

тел.: +7 (351) 267-90-06 доб. 111, e-mail: dolganinani@susu.ru

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена диссертация:

01.02.06 – «Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры»

Адрес места работы:

454080, Уральский федеральный округ, Челябинская область, г. Челябинск, просп. В.И. Ленина, д. 76,

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)», лаборатория суперкомпьютерного моделирования; кафедра системного программирования.

Тел.: +7 (351) 267-90-06 доб. 111; e-mail: dolganinani@susu.ru

Подпись сотрудника

ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)» Н.Ю. Долганиной удостоверяю:

