

## ОТЗЫВ

научного руководителя, д.т.н., профессора

**Сапожникова Сергея Борисовича**

о диссертационной работе **Игнатовой Анастасии Валерьевны**

**«Анализ кинетики деформирования и разрушения слоистых тканевых структур с тонкими покрытиями при локальном ударе»,**

представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела

Научная работа Игнатовой А.В. посвящена численному и экспериментальному исследованию процессов деформирования и разрушения слоистых тканевых структур при ударном нагружении.

При выполнении диссертационной работы автор освоила конечно-элементное моделирование процессов деформирования тканевых структур в условиях квазистатического и динамического нагружения, изучила вопросы, связанные с определением упругопластических свойств технического пластилина в широком диапазоне скоростей деформаций, а также арамидных нитей и тканей, тонких пленок термопласта ПВА, разработала новую методику обработки поверхности арамидных тканей.

В ходе выполнения диссертационной работы автором самостоятельно получены результаты, обладающие научной новизной:

- Проведены экспериментальные исследования механических свойств технического пластилина в широком диапазоне скоростей деформаций при разных видах нагружения, позволяющие определить параметры модели материала в качестве регистрирующей среды при численном моделировании процессов деформирования арамидных тканей при локальном ударе.

- Проведен анализ весовой эффективности арамидных тканей с разными видами тонки покрытий при взаимодействии с ударником. Установлено, что при увеличении поверхностной плотности арамидной ткани на 5% за счет тонких покрытий из термопласта ПВА усилие и энергию вытяжки увеличилось в 3,4 и 2,5 раза соответственно.

- Разработана новая численно эффективная мезоструктурная модель тканевых структур в конечно-элементном пакете LS-DYNA, отличающаяся введением дополнительных разрушаемых упругопластических конечных элементов и увеличением трictionных контактов, позволившего адекватно прогнозировать поведение обработанных и сухих арамидных тканей при разных видах нагружения. Данная модель позволяет не только предсказывать значения максимальных усилий при квазистатическом вытягивании нити из ткани с

погрешностями не более 5%, но и получать адекватные значения глубины вмятины в пластилине при локальном ударе в тканевый пакет, удовлетворительно согласующиеся с экспериментальными данными.

• Получены новые экспериментальные данные, показывающие существенное увеличение баллистического предела пакета арамидных ткани при обработке тонким слоем из термопласта. Обработка позволила увеличить баллистический предел со 149 м/с до 283 м/с, а прогиб пакета (глубина вмятины в пластилине) снизить в 2 раза при увеличении массы пакета на 5-6%. Численная модель позволяет предсказывать баллистические пределы пакета из сухих или обработанных тканей с погрешностями, не превышающими 10 м/с.

При выполнении диссертационной работы Игнатова А.В. зарекомендовала себя ответственным, самостоятельным исследователем, способным четко формулировать цели и решать сложные задачи в работе, грамотно выбирать, осваивать и использовать необходимые методы исследования, анализировать полученные результаты.

Результаты диссертационной работы, несомненно, имеют практическую значимость. Предложены способы повышения баллистической эффективности защитных структур за счет тонких покрытий арамидных тканей с утяжелением в пределах технологического разброса поверхностной плотности серийно выпускаемых тканей (5-6%). Численные модели востребованы при проектировании новых защитных тканевых структур, отличающиеся большей баллистической эффективностью и позволяющие снизить величину запреградной травмы. Получена справка об использовании результатов научной работы на предприятии АО «ФОРТ Технология» (г. Москва), которое производит средства индивидуальной защиты военнослужащих.

Данная диссертация является результатом научной работы за последние десять лет в рамках выполнения гранта Российского фонда фундаментальных исследований «Разработка комплекса полезных моделей человеческого тела для предсказания моделирования на суперкомпьютерных системах», выполнявшегося в ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)» (проект № 17-08-01024) в 2017-2018 гг., грантов Российского научного фонда «Разработка новых гибридных полимерных композитных материалов для защитных структур с повышенной энергопоглощающей способностью», выполнявшегося в ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)» (проект № 18-79-00069) в 2018-2019 гг., «Разработка новых полимерных волокнистых композитных материалов с управляемой нелинейностью механического поведения и методов проектирования из них элементов турбовентиляторных двигателей», выполнявшегося в ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)» (проект № 18-19-00377) в 2018-2020 гг., а также в ряде хозяйственных договоров с промышленными предприятиями.

Результаты работы опубликованы в 7 научных статьях, из них 3 – в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, и 4 статьи – в изданиях, входящих в базы данных Scopus/Web of Science, а также докладывались на конференциях и семинарах разного уровня.

Считаю, что диссертация Игнатовой Анастасии Валерьевны является законченной научной работой и удовлетворяет требованиям ВАК, а диссертант является сложившимся исследователем и заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела.

Научный руководитель:

профессор кафедры технической механики  
федерального государственного автономного  
образовательного учреждения высшего  
образования «Южно-Уральский государственный  
университет (национальный исследовательский  
университет)»,

доктор технических наук, профессор

С.Б. Сапожников

г. Челябинск, пр. Ленина, д.76, 454080

Тел.: +7(912) 795-72-71

E-mail: sapozhnikovsb@susu.ru

01.02.2021

Докторская диссертация защищена

по специальностям:

01.02.04 - Механика деформируемого твердого тела

01.02.06 – Динамика, прочность машин, приборов и

