

## **Отчет по результатам реализации проекта по первому этапу гранта КИАС РФФИ № 20-31-90116 «Аспиранты»**

**Тема проекта:** Метод проектирования универсальных средств индивидуальной защиты с изменяемым пакетом материалов.

Целью исследований является разработка метода проектирования одежды, направленного на создание универсальных средств индивидуальной защиты за счет изменяемого пакета материалов. Современный бронежилет имеет высокую бронезащиту в зоне керамических бронепанелей, оборудован климатико-амортизационными подпорами, обеспечивающими вентиляцию и снижающими риск получить запреградную травму при попадании пули. При этом существующие бронежилеты не обладают защитой от болевого шока, более выраженного у женщин, ввиду концентрации фронтальной нагрузки в области груди, усиливаемые амортизационными подпорами. Предложена конструкция адаптированного мужского бронежилета, пригодная для женщин, которая при наличии дополнительного амортизирующего вкладыша со специальным пакетом материалов, смягчит удар.

Проведенные исследования индивидуальных женских фигур позволили выбрать метод реконструкции трехмерных моделей тела человека по двухмерным изображениям, который позволяет изучить антропометрические характеристики тела человека при первичном снятии измерений в свободной одежде. В данных исследованиях метод опирался на понятие «промежуточная форма», которое в нашем случае обозначает слой изделия (жилет) между внешней формой тела человека и внутренней формой изделия. Выявлялись размеры воздушных зазоров между промежуточной формой и внутренней формой изделия, определяющие пространственные характеристики вкладыша. Конструкция вкладыша соответствовала бронежилету, который состоит из разъёмных секций, соединенных посредством верхних и боковых регуляторов.

Ранее было отмечено, что в целом бронеодежду по конструктивному исполнению подразделяют на три типа. Производители бронежилетов ввели упрощённую классификацию конструкций, в основу которой заложены защитные

свойства. Поэтому для исследований выделены три типа конструкций вкладышей в зависимости от амортизации областей тела человека: «грудь», «грудь-спина», «грудь-спина», «грудь-спина-бока».

К перспективным разработкам в области амортизирующих материалов, для использования в бронеодежде, относятся гибкие бесшовные и малошовные оболочки. Их проектирование является теоретической основой для развития инновационных методов проектирования и изготовления объемных деталей одежды методами плетения, ткачества и формования.

Проведены исследования взаимосвязей между характеристиками изделия, геометрическими параметрами и структурой пакета применяемых материалов с получением математических моделей функционирования амортизирующего пакета материалов.

Эффективность достигается использованием пространственно-развитых материалов для создания изменяемых слоев пакета, адаптируемых к фигуре человека, форме и топографии изделия. Результаты исследований формируют новый тип пакетов материалов швейных изделий и могут быть широко использованы при проектировании специальной одежды.

Анализ существующих подходов к объемному проектированию швейных изделий с учетом пакета применяемых материалов позволил выявить, что технологии трехмерного сканирования и проектирования сложных объектов дают возможность получить достоверную информацию о внешней поверхности фигуры человека. Данную информацию добывают либо сканированием фигуры человека, либо трехмерным моделированием сечений фигуры. Вследствие чего, получают рабочую форму для проектирования вкладыша с учетом индивидуальных параметров каждой фигуры.

На этапе изменения внешней поверхности рабочей формы учитывались изменение формы мышц грудных желез в зависимости от особенностей индивидуальной фигуры и данные о толщине пододежного слоя. На этапе изготовления индивидуального вкладыша или матрицы для массового производства,

предполагается использовать как автоматический, так и ручной способы. Автоматический способ предполагает 3D печать, фрезерование.

Установлено, что наиболее эффективными для создания изменяемых слоев пакета, адаптируемых к фигуре человека, форме и топографии изделия, являются армированные оболочки из нетканых материалов. Элементы поверхности новых материалов различаются по масштабу, площади заполнения, высоте рельефа.

Научная новизна результатов заключается в полученных математических моделях функционирования амортизирующего пакета материалов средств индивидуальной защиты, которые позволяют рассматривать одежду как универсальную защитную техническую систему при актуализации новых угроз. Взаимосвязи между характеристиками изделия, геометрическими параметрами и структурой пакета применяемых материалов, характеризуют влияние вида армирующего материала на механические свойства оболочки, описывают зависимости изменения толщины внутреннего вкладыша от параметров фигуры человека. В частности, получены математические модели влияния вида армирующего материала на механические свойства оболочки из войлока, такие как разрывная нагрузка при одноосном растяжении и упругость образцов со спандексом, с текстурированной нитью; с металлической нитью. Выявлены математические зависимости, описывающие изменения толщины внутреннего вкладыша в максимальном месте отклонения внешнего слоя от внутреннего от высоты груди. С уменьшением величины радиуса оболочки, величина сечения будет уменьшаться

Математические модели используются при проектировании волокнистых армированных вкладышей, участвуют в преобразовании информации об элементах пакета материалов в конструкцию и технологию изготовления защитной одежды.

Проектирование трехмерных вкладышей для бронежилета, на основе скорректированных данных о внешней форме, толщине пододежного слоя и в зависимости от формы мышц грудных желез позволит повысить качество проектируемой защитной одежды, так как проведение настоящих и виртуальных примерок будет проходить с учётом распределения толщины пододежного слоя и в зависимости от формы мышц грудных желез.

Для последующего развития темы изучены гибкие бесшовные и малошовные оболочки, исследованы особенности геометрической структуры плетеных аналогов природных армирующих структур и определены варианты их применения в качестве армирующей основы войлочных деталей, с целью дальнейшего использования таких моделей при проектировании, изготовлении и проведении испытаний экспериментальных образцов вкладышей бронежилетов.

*Исследование на тему «Метод проектирования универсальных средств индивидуальной защиты с изменяемым пакетом материалов» получило финансовую поддержку (грант) РФФИ в рамках научного проекта №20-31-90116, 2020 г., г.Москва.*

#### **Научные публикации:**

1. Tambovtseva E.P., Toichubekova G.M., Zaretskaya G.P. «Prospects for creating smart clothing made of multi-layer and multi-component felt». 4-я Международная конференция по исследованиям в области инженерии материалов (4-й ICMER 2021) в г. Инчхонский национальный университет, Инчхон, Южная Корея, 14-16 мая 2021 г.
2. Тамбовцева Е.П., Зарецкая Г.П., Руднева Т.В., Мезенцева Т.В., «Применение армирующих основ при изготовлении волокнистых наполнителей для деталей одежды из композиционных материалов», LIGHT CONF 2021., тезисы докладов международной научно-технической конференции, 29.03.2021 г.