

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИЗМЕНЯЕМЫХ ЭЛЕМЕНТОВ
ПАКЕТА МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ
УНИВЕРСАЛЬНЫХ СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ***

**VARIABLE ELEMENTS OF A MATERIAL PACKAGE DESIGN
FOR THE CREATION OF UNIVERSAL PERSONAL PROTECTIVE EQUIPMENT**

Е.П. ТАМБОВЦЕВА, Г.П. ЗАРЕЦКАЯ

E.P. TAMBOVTSEVA, G.P. ZARETSKAYA

(Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство))

(Russian State University named after A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art))

E-mail: tambovtseva-ep@rguk.ru; zaretskaya-gp@rguk.ru

В статье рассмотрены вопросы создания универсальных средств индивидуальной бронезащиты с изменяемым пакетом материалов. Задача расширения применимости существующего мужского бронезиления решается за счет включения в пакет материалов дополнительного вкладыша, соответствующего женской фигуре. Предложен подход к проектированию формы вкладыша путем определения воздушных зазоров между составными частями бронезиления с применением реконструктивных методов. Введено понятие промежуточной формы, позволяющее учитывать слои пакета бронезиления, образованные отдельными предметами одежды. Описан пример расчета толщины вкладыша для индивидуальной женской фигуры. Также выделены виды армирующих основ, перспективных для разработки вкладышей, из числа уже имеющих применение в легкой промышленности.

The article deals with the creation of individual body armour universal means with a variable package of materials. The problem of expanding the applicability of the existing male body armour is solved by including in the package of materials an additional insert corresponding to the female figure. An approach to designing the shape of the liner by determining the air gaps between the components of the body armour by using reconstructive methods is proposed. The concept of an intermediate form is introduced making it possible to take into account the layers of the body armor package formed by individual items of clothing. An example of calculating the thickness of the liner for an individual female figure is described. Also, the types of reinforcing bases that are promising for the development of liners, from among those already used in the light industry, are highlighted.

Ключевые слова: проектирование, пакет материалов, бронезиление, женская фигура, промежуточная форма, расчет толщины, вкладыш, универсальность, армирование, моделирование.

Keywords: design, packet of materials, body armour, female figure, intermediate form, thickness calculation, liner, versatility, reinforcement, modelling.

* 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.

Одной из важнейших задач создания современных средств индивидуальной бронезащиты является разработка оптимальных материалов, позволяющих эффективно противодействовать поражающим факторам общевойскового боя, а также преступным посягательствам в мирное время [1].

Общей целью исследований является разработка метода проектирования одежды, направленного на создание универсальных средств индивидуальной защиты за счет изменяемого пакета материалов [2].

Пакет бронежилета, состоит из трех групп элементов: внешнего чехла, позволяющего придать жилету требуемую форму; высокопрочного текстильного материала; амортизирующей части [1].

При этом существующие бронежилеты не обладают защитой от болевого шока, более выраженного у женщин, ввиду концентрации фронтальной нагрузки в области груди. Предложена конструкция адаптированного мужского бронежилета, пригодная для женщин, которая, при наличии дополнительного амортизирующего вкладыша со специальным пакетом материалов, смягчит удар. Однако при разработке вкладыша для готового изделия применение конструктивных методов затруднено.

Альтернативой конструктивным являются реконструктивные методы моделирования особенностей тела человека, воссоздаваемые по двумерным изображениям или по набору антропометрических параметров. Существует метод реконструкции трехмерных моделей по двумерным изображениям тела человека, предложенный гонконгскими специалистами [3...5].

Особенность метода заключается в возможности реконструировать антропометрические характеристики человека, даже если измерения снимались в свободной одежде. Данный метод позволяет строить модели тела человека по фотографиям. На испытуемых одежда прилегающего и свободного силуэта. На начальной стадии проводят анализ 2D-проекционных особенностей формы тела под одеждой в следующей последовательности: сначала вычитывается разница между пограничными

точками и соответствующими предполагаемыми точками тела. От 7 до 9 точек выбираются на одном уровне профиля; затем из базы проекций реальных фигур, составляющей 5000 единиц, выбирается N профилей. Условие выбора заключается в наименьшем значении суммарной разницы заданных пограничных точек. Результатом является синтезирование нового профиля путем объединения всех выбранных N профилей.

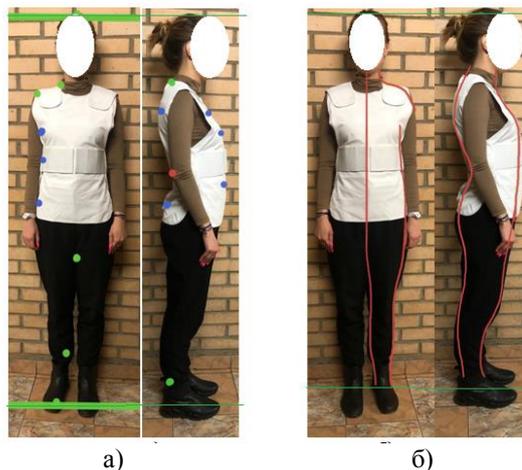


Рис. 1

Воспользовавшись предложенным методом, мы провели исследование для индивидуальной женской фигуры (рис. 1 – анализ 2D-проекций тела человека в одежде: а – определение антропометрических точек на 2D-изображении тела человека; б – построение абрисов фигуры).



Рис. 2

При котором появилась необходимость ввести понятие «промежуточная форма», которая в нашем случае обозначает слой изделия (жилет) между внешней формой тела человека и внутренней формой изделия (рис. 2 – изображение «промежуточной формы»).

В результате удалось выявить формы воздушных зазоров между промежуточной формой и внутренней формой изделия (рис. 3 – графическое изображение воздушного зазора между промежуточной формой и внутренней формой изделия).



Рис. 3

Для того чтобы абрисы фигуры правильно передавали пропорции тела человека, нужно выделять их после того, как определены основные параметры фигуры человека. Начнем проводить анализ с определения формы воздушного зазора в области груди, между промежуточной формой и внутренней формой изделия. Для этого проведем эксперимент на фигуре с умеренной степенью развития формы грудных желез. Параметры фигуры: 2 полнотная группа, 176-88-64-98.

При анализе внешней формы тела человека мы не можем замерить воздушные зазоры между поверхностями тела человека и внутренней формой изделия. Если визуально нельзя найти наиболее вдавленную часть в верхней области груди, то точку определяют по размерной типологии женских фигур с помощью величины размерного признака – расстояние от шейной

точки до линии обхвата груди третьего спереди (Т35) и величины расстояния от шейной точки до линии обхвата груди первого спереди (Т34). Обратимся к изображению фигуры (рис. 4 – измерение толщины вкладыша в пространстве).

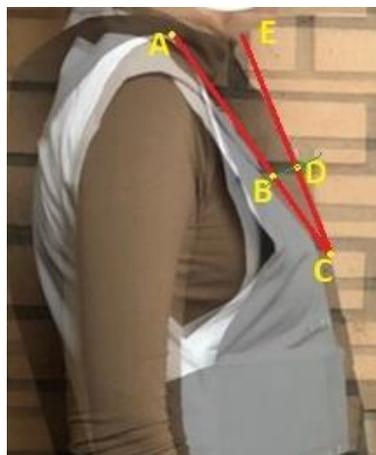


Рис. 4

Известно расстояние $AC=T35$, $AB=T34$, расстояние BC находят как разность $AC-AB$ (1):

$$BC = T35 - T34, \quad (1)$$

где $T34$ – расстояние от шейной точки до линии обхвата груди первого спереди, $T35$ – расстояние от шейной точки до линии обхвата груди третьего спереди.

С помощью онлайн-транспортира измеряем угол на изображении (рис. 5). Угол отведения $\alpha=15$.

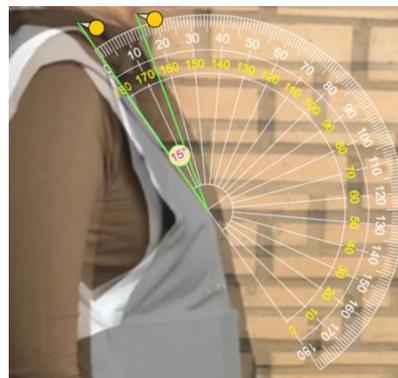


Рис. 5

Из точки C строим луч, который соприкасается с внешней поверхностью.

Проводим дугу с центром окружности в точке С радиусом ВС на луч СЕ, при этом ВС=СD.

Зная две стороны в треугольнике и угол между ними, можно с помощью теоремы косинусов вычислить третью сторону треугольника. В нашем случае третья сторона треугольника будет являться толщиной внутреннего вкладыша (BD). Для этого нужно извлечь квадратный корень из суммы квадратов известных сторон и разности с их удвоенным произведением на косинус угла между ними:

$$BD = \sqrt{BC^2 + CD^2 - 2 BC CD \cos \alpha} \quad (2)$$

$$BD = \sqrt{10^2 + 10^2 - 2 \cdot 10 \cdot 10 \cos 15} \quad (3)$$

$$BD = 2,61 \text{ (см)}. \quad (4)$$

Таким образом, толщина внутреннего вкладыша в максимальном месте отклонения внешнего слоя от внутреннего равна 2,61 см. С уменьшением величины радиуса величина сечения будет уменьшаться (табл. 1 – параметры сечения в зависимости от выбранного радиуса.).

Т а б л и ц а 1

Радиус, см	Толщина внутреннего слоя (сечения), см
10	2,61
8	2,08
6	1,56
4	1,04
2	0,52

Из приведенной выше таблицы мы видим, что при пропорциональном уменьшении радиуса, но при равной величине угла, толщина внутреннего слоя (сечения) изменяется пропорционально на 0,52 см (для данной фигуры: 2 полнотная группа, 176-88-64-98).

Аналогичные исследования будут проводиться для других форм грудных желез. На грудь с хирургическим вмешательством данная формула может действовать условно. Остальные эксперименты будут направлены на поиск фигур, соответствующих заданным антропометрическим измерениям.

Создание вкладыша, повышающего функциональность бронежилета, не огра-

ничивается проектированием формы. Не менее важна структура, обеспечивающая упругое сопротивление при ударном воздействии и способная к восстановлению, что характерно для армированных материалов. Опираясь на известные примеры использования армирующих основ для изготовления объектов легкой промышленности, можно выделить для рассмотрения и исследования следующие: ткани с модифицированными структурами простых видов ткацких переплетений; нетканые волокнистые материалы, отвечающие современным требованиям промышленного производства; природоподобные армирующие оболочки [6...8].

Проектирование высокоэффективных структур для защиты тела человека (бронежилетов, щитов, касок) требует учета не только динамической, но и фрикционной фазы работы слоев тканей, что обеспечит снижение прогиба тыльной стороны защитной структуры и соответствующее снижение травмирования человека [9]. Сложная пространственная форма и наличие армирующей основы усложняют процесс проектирования, что приводит к применению уже ставших традиционными средств, таких как 3D-моделирование формы и структуры детали. Возможность моделирования структуры вкладыша в виртуальной среде подтверждается существующим опытом проектирования компьютерных моделей модифицированных арамидных тканей [10].

Дальнейшие исследования в данной области будут направлены на разработку состава, структуры и технологии изготовления армированных вкладышей, выбор и совершенствование процедур проектирования, позволяющих сформировать изменяемый пакет материалов для бронежилета и иных средств индивидуальной защиты, обеспечивая их универсальность.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Буланов Я.И. Разработка методов оценки и прогнозирования физико-механических свойств тканей баллистического назначения: Дис. ... канд. техн. наук. – 2017.

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 // Тез. докл. Междунар. научн.-технич. конф.: LIGHT CONF 2021, 29.03.2021, ISBN 978-5-7937-1990-2

3. Huiqing zhao, Jijun Li, Cong Gao. Reconstruction of 3D Mannequin by Two-Dimensional Photos // Institute of Electrical and Electronics Engineers. – 2008.

4. Charlie C.L. Wang, Yu Wang, Matthew M.F. Yuen. Feature based 3D garment design through 2D sketches// Computer-Aided Design. – Vol.35, №7, 2003. P.659...672.

5. Yang Liu, Shouqian Sun, Aiguo Xu. Axial Deformation Technology for Parameterized Mannequin Modeling// Institute of Electrical and Electronics Engineers. – 2008. P.415...420

6. Белгородский В.С., Костылева В.В., Лунина Е.В. Модификация структур простых видов ткацких переплетений для изготовления верха обуви // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2018, № 1. С. 200...202.

7. Нутфуллаева Л.Н., Плеханов А.Ф., Шинн И.Г., Ташпулатов С.Ш., Черунова И.В., Нафуллаева Ш.Н., Богомоллов Е.А. Исследование условий формирования пакета и обеспечения прочности подушек из композитных нетканых волокнистых материалов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2019, № 2. С. 96...100.

8. Махмудова Г., Руднева Т.В., Базаев Е.М., Стаханова С.И., Ташпулатов С.Ш., Сулейменова У.Т. Разработка классификации характеристик строения природных армирующих оболочек // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2018, №1. С. 85...88.

9. Игнатова А.В., Долганина Н.Ю., Сапожников С.Б., Шаблей А.А. Поверхностная обработка арамидной ткани и ее влияние на механику фрикционного взаимодействия нитей // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Механика. – 2017, №4. С.121...137.

10. Долганина Н.Ю., Игнатова А.В., Слободин И.С. Разработка компьютерных моделей модифицированных арамидных тканей // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Вычислительная математика и информатика. – 2018. Т. 7, №4. С. 30...40.

REFERENCES

1. Bulanov Ya.I. Razrabotka metodov otsenki i prognozirovaniya fiziko-mekhanicheskikh svoystv tka-

ney ballisticheskogo naznacheniya: Dis. ... kand. tekhn. nauk. – 2017.

2. Tambovtseva E.P., Zaretskaya G.P., Rudneva T.V., Mezentseva T.V. Primenenie armiruyushchikh osnov pri izgotovlenii voloknistykh napolniteley dlya detaley odezhdy iz kompozitsionnykh materialov // Tez. dokl. Mezhdunar. nauchn.-tekhnich. konf.: LIGHT CONF 2021, 29.03.2021, ISBN 978-5-7937-1990-2.

3. Huiqing zhao, Jijun Li, Cong Gao. Reconstruction of 3D Mannequin by Two-Dimensional Photos // Institute of Electrical and Electronics Engineers. – 2008.

4. Charlie C.L. Wang, Yu Wang, Matthew M.F. Yuen. Feature based 3D garment design through 2D sketches// Computer-Aided Design. – Vol.35, №7, 2003. P.659...672.

5. Yang Liu, Shouqian Sun, Aiguo Xu. Axial Deformation Technology for Parameterized Mannequin Modeling// Institute of Electrical and Electronics Engineers. – 2008. P.415...420

6. Belgorodskiy V.S., Kostyleva V.V., Lunina E.V. Modifikatsiya struktur prostykh vidov tkatskikh perepletений dlya izgotovleniya verkha obuvi // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2018, №1. S. 200...202.

7. Nutfullaeva L.N., Plekhanov A.F., Shinn I.G., Tashpulatov S.Sh., Cherunova I.V., Nafullaeva Sh.N., Bogomolov E.A. Issledovanie usloviy formirovaniya paketa i obespecheniya prochnosti podushek iz kompozitnykh netkanykh voloknistykh materialov // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2019, № 2. S. 96...100.

8. Makhmudova G., Rudneva T.V., Bazaev E.M., Stakhanova S.I., Tashpulatov S.Sh., Suleymenova U.T. Razrabotka klassifikatsii kharakteristik stroeniya prirodnykh armiruyushchikh obolochek // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2018, №1. S. 85...88.

9. Ignatova A.V., Dolganina N.Yu., Sapozhnikov S.B., Shablei A.A. Poverkhnostnaya obrabotka aramidnoy tkani i ee vliyanie na mekhaniku friktsionnogo vzaimodeystviya nitey // Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Mekhanika. – 2017, №4. S.121...137.

10. Dolganina N.Yu., Ignatova A.V., Slobodin I.S. Razrabotka komp'yuternykh modeley modifitsirovannykh aramidnykh tkaney // Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Vychislitel'naya matematika i informatika. – 2018. T. 7, №4. S.30...40.

Статья опубликована по материалам Косыгинского форума. Поступила 29.09.21.