

Научный журнал «Костюмология» / Journal of Clothing Science <https://kostumologiya.ru>

2021, №2, Том 6 / 2021, No 2, Vol 6 <https://kostumologiya.ru/issue-2-2021.html>

URL статьи: <https://kostumologiya.ru/PDF/05TLKL221.pdf>

Ссылка для цитирования этой статьи:

Завадская И.Д., Чижова Н.В., Петросова И.А., Андреева Е.Г. Разработка защитных элементов в одежде на основе исследования структуры природных оболочек // Научный журнал «Костюмология», 2021 №2, <https://kostumologiya.ru/PDF/05TLKL221.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

For citation:

Zavadskaja I.D., Chizhova N.V., Petrosova I.A., Andreeva E.G. (2021). Development of protective elements in clothing based on the study of the structure of natural shells. *Journal of Clothing Science*, [online] 2(6). Available at: <https://kostumologiya.ru/PDF/05TLKL221.pdf> (in Russian)

Завадская Инга Дмитриевна¹

ФГБОУ ВО «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина
(Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва, Россия

Магистрант

Магистрант группа МАГ К-219

E-mail: ingeliya@mail.ru

Чижова Наталья Викторовна

ФГБОУ ВО «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина
(Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва, Россия

Доцент

Кандидат технических наук

E-mail: nvchizhova@mail.ru

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=876885

Петросова Ирина Александровна

ФГБОУ ВО «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина
(Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва, Россия

Доцент

Доктор технических наук, профессор

E-mail: 76802@mail.ru

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=606302

Андреева Елена Георгиевна

ФГБОУ ВО «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина
(Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва, Россия

Профессор

Доктор технических наук, профессор

E-mail: 76802@mail.ru

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=259825

Разработка защитных элементов в одежде на основе исследования структуры природных оболочек

Аннотация. Специальная одежда – средство индивидуальной защиты, предназначенное для сохранения здоровья человека способное уберечь его от негативных воздействий окружающей природной среды.

¹ Facebook <https://www.facebook.com/profile.php?id=100022949363953>

Туризм, охота, рыбалка популярные направления пребывания и функционирование человека в природных условиях требующие специальной защиты организма. Во время пребывания на природе необходимо уделять особое внимание защите уязвимых мест, подвижных соединений скелета человека, локтей, коленей, голеностопного сустава. Бионика – это принципы бытия природы и за ней будущее существование человечества в гармонии с природой. Живая природа совершенствует формы живых организмов, человек может позаимствовать принципы и особенности внутреннего и внешнего строения для разработки защитных натуральных моделей в технике, медицине, электронике и других науках. Исследования и использование форм и принципов строения биологических организмов позволяет создавать защитные элементы и технологии, работающие с улучшенным результатом. Изучение природных оболочек, свойств организмов и их параметров влияет на развитие современного общества в целом.

В ходе исследования строения биологических организмов в статье проведён анализ туловища многоножки и на основе строения сегмента её тела, разработан принцип защитного налокотника и разработана его 3D модель. Модель выполнена из гибкого пластика VFlex. Налокотник может применяться в формировании элементов одежды для защиты уязвимых частей организма человека. При изготовлении опытного образца куртки изготовлена 3D модель налокотника, встраиваемая в рукав. По мимо того конструкция может быть съёмной или встроенной в изделие. Таким образом полученный результат расширит ассортимент защитных элементов, их качество и улучшит уровень защиты человека.

Ключевые слова: спецодежда; встроенные защитные элементы; бионика; налокотник; дизайн одежды; природная оболочка; биомиметика; 3D печать; гибкий пластик; экзоскелет

Введение

Целью разработки защитного элемента является расширение ассортимента защитных элементов, их качество и улучшение уровня защиты человека. Одной из причин травматизма в туризме является недостаточное техническое и материальное обеспечение путешественника [1]. На качество экипировки влияет соответствие материалов назначению одежды, наличие или отсутствие необходимых креплений для фиксации предметов, расположение специальных защитных элементов. По статистике² защитные элементы применяются в различных случаях, например в специальной, бытовой или форменной одежде. Защитные элементы обычно располагают на самых уязвимых участках фигуры, таких как плечевые, локтевые и коленные суставы, грудная клетка спереди и сзади. Защитные элементы могут быть съёмными: предохранительный пояс, сигнальный жилет, диэлектрические галоши и перчатки, защитный шлем, накомарник; или встроенными в одежду³, например наплечники, налокотники, наколенники и другие [2].

Преимущество съёмных защитных элементов в возможности быстрой замены в случае повреждения или износа. Известны защитные элементы⁴ с эффектом памяти формы.

² URL Давид Гарбуз. Причины травматизма и анализ несчастных случаев в простых путешествиях. Обеспечение безопасности (основные принципы). Действия в экстремальных условиях. Основы выживания. Лекция прочитана в КВТ МГУ 15 апреля 2015 г. Сайт водного туризма. <https://kvtdmsu.ru/materials/safety/safety-of-the-cause-of-injury> (дата обращения 15.04.21).

³ URL Популярные бренды защитной экипировки. Интернет-магазин. Copyright 2013–2020 <https://flipup.ru/category/brendy/> (дата обращения 17.04.21).

⁴ URL Об одежде. Защитные элементы для одежды. 3 апреля, 2021 <https://gemmaimmobiliare.ru/zashchitnyye-elementy-dlya-odezhdy/> (дата обращения 17.04.21).

При проектировании защитных элементов учитывают строение отдельных частей тела человека и соответствующие антропометрические характеристики. Конфигурация защитных элементов, зачастую строится с использованием форм и принципов строения природных биологических организмов и оболочек, которые отличаются оптимальной формой и повышенной устойчивостью к нагрузкам [3].

Анализ природных прототипов технических изобретений

Природа создает свои творения с максимальной эффективностью. Формы природных оболочек специфичны по виду и назначению, их-структура и охраняющие функции находятся в сложном взаимодействии с жизненными функциями самих организмов. Оболочки в природе подвержены разнообразным внешним нагрузкам и представляют собой в большинстве случаев жесткие ограждающие конструкции. Такие оболочки в общем случае имеют постоянные толщины стенок [4]. Переменная толщина стенок или ребер, являющаяся основной конструкцией оболочек, разработанных человеком, в природных оболочках встречается редко. Современные исследования в области применения защитных элементов в одежде показывает значительный рост моделей, выполненных с помощью трехмерной печати из современных материалов [5].

Термин «бионика» пришёл в научную среду в 60-х годах, понятие «бионическая наука» появилось в США после научного симпозиума в городе Дайтон [6]. Исследования в области применения строения природных оболочек таких как паутина, лист растения, крыло насекомого обладающие зональным распределением свойств, используются для усиления функциональных характеристик при создании одежды, особенно такой как специальная, защитная, военная, реабилитирующая [7; 8]. У человеческого тела много уязвимых мест, требующих особого внимания при разработке одежды. Проектирование одежды с использованием высокотехнологичных методов и приемов, заимствованных у природы, позволяет восполнить уязвимость. Например, усилить интеллектуальный потенциал благодаря электронно-вычислительной технике, а утраченные органы «доставляют» при помощи бионических протезов. В институте архитектуры Textile в Technical University, где представлена обзор экспозиция текстильных техник и технологий ведутся научно-исследовательские работы по механизированному производству тканых материалов, структура которых воспроизведена по образцу паутины [9; 10]. Примером таких разработок также является костюм американских конструкторов⁵, на основе экзоскелета мокрицы. Благодаря сегментированному, похожему на раковину экзоскелету мокрицы могут использовать свое собственное тело в качестве защитной оболочки для образования защиты между собой и миром. Авторы предложили конструктивное решение капюшона, который может складываться на себя или превращаться в шар. С инженерной точки зрения этот элемент является чем-то средним между мокрицей и космическим шлемом (рис. 1). Пластины соединены между собой тонкой, гибкой мембраной. Сегменты могут складываться и закрывать лицо, когда вам нужно отдохнуть или укрыться от непогоды.

Разработка роботизированных экзоскелетов имеет значительный потенциал в области медицинской реабилитации и применения в качестве усилительных защитных элементов в военной одежде. Основной целью является улучшение синхронизации между экзоскелетом и движением человека.

⁵ URL Vollebak. Мокрицы вдохновили дизайнеров Vollebak на создание худи для космонавтов. 9 декабря 2021. 2019–2021 Merch News – независимое издание компании «Проект 111». <https://merchnews.ru/business/technology/mokritsy-vdohnovili-dizajnerov-vollebak-na-sozdanie-hudi-dlya-kosmonavtov-i-introvertov-5980/> (дата обращения 21.01.21).



Рисунок 1. Капюшон в сложенном виде (автор фото MerchNews)

В работе [11] эксперименты проводятся на общедоступном наборе данных о походке человека (рисунок 2) с помощью обучения управлению движениями защитных элементов с помощью нейронных сетей.

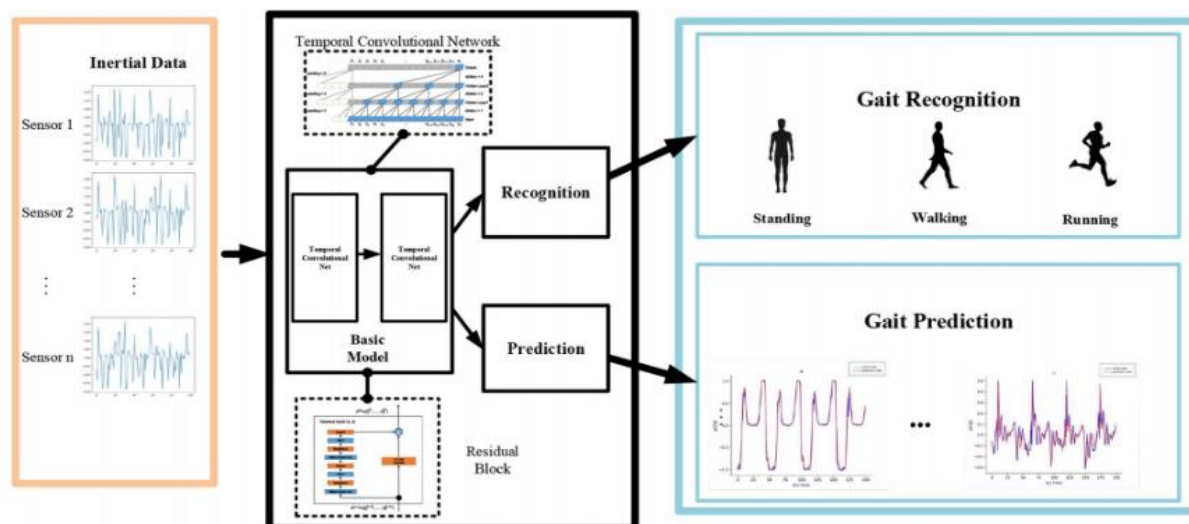


Рисунок 2. Схема основных элементов [11]

Похожий подход используют исследователи *Głowiński S., Krzyżyński T., Pecolt S. et al.* [12]. Авторами предложен единый подход к обозначению плоскостей тела: сагиттальная, фронтальная (или корональная) и аксиальная плоскости (рис. 3а), что позволяет отслеживать все кинематические переменные (рис. 3б). Предложенный экзоскелет увеличивает возможности человека, например, добавляя дополнительную силу, перенося весовые нагрузки, добавляя мощность. Защитные элементы экзоскелета установлены в одежде, и соединены с конечностями человека, благодаря чему приводят в действие суставы, система может помочь поднять руку или ногу человека.

В легкой промышленности так же распространены следующие природные аналоги: «эффект лотоса», «эффект репейника» (липучка), «акуля кожа», «хамелеон».

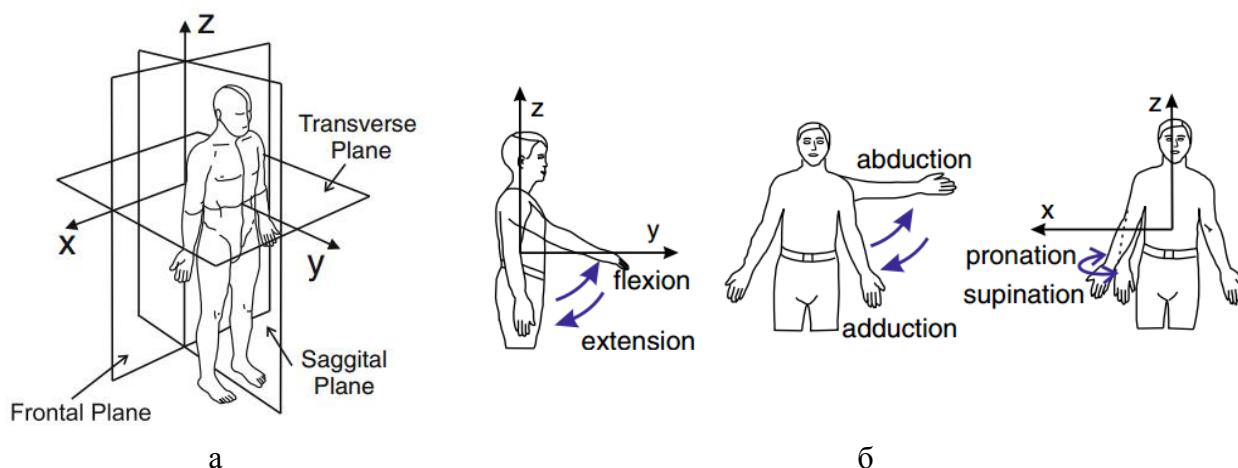


Рисунок 3. Схема основных элементов: а – опорные плоскости экзоскелета в статическом анатомическом положении; б – движение конечностей [12]

«Эффект лотоса» – пример использования биомиметики, был открыт немецким биологом В. Бартлоттом в 1990 году. В ходе исследования профессор изучал структуру цветка лотоса, благодаря которой он всегда сохраняет первозданную чистоту. Выяснилось, что поверхность цветка обладает множеством выступов, «шипов». При попадании капли воды, на бугристую поверхность, вода имеет малую площадь соприкосновения и, скатываясь, забирает с собой любые виды загрязнений. Позднее была разработана технология производства супергидрофобного материала, запатентованного как лотос эффект [13]. Инновационные текстильные ткани, смоделированные по структуре паутины, могут найти применение в армировании композитов в условиях, где возникает центробежная сила, например вращающиеся диски. В Институте архитектуры текстиля Лодзинского технического университета ведутся научно-исследовательские работы по механизированному производству тканых материалов, структура которых моделируется паутиной (рисунок 4) [14].

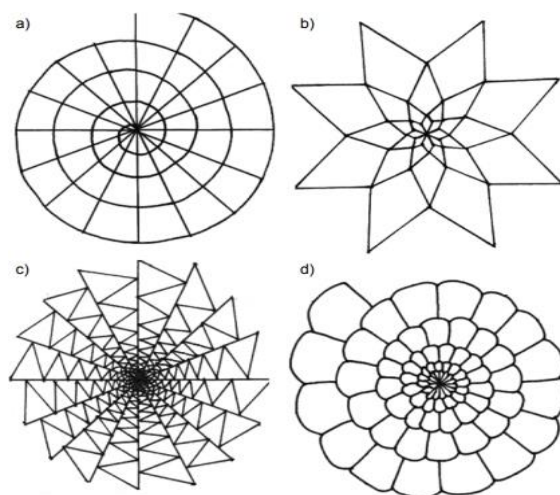


Рисунок 4. Схемы геометрии плоских круглых сетей: а – имитация структуры плоской паутины; б, с и d – примеры возможных геометрий сетей с целью их воссоздания различными текстильными техниками: б – ромбовидная сеть; с – зигзагообразная сеть; d – спиральная сеть [14]

Создание 3D модели защитного элемента

Проведенный обзор доказывает актуальность выполнения защитных элементов по принципу строения природных оболочек. Современные технологии моделирования формы поверхности в виртуальной среде позволяют построить внешнюю форму защитного элемента, который в последующем может быть изготовлен с помощью аддитивных технологий.

У спортсменов, охотников, туристов и профессиональных рыбаков часто случаются вывихи, переломы, растяжения суставных частей верхних и нижних конечностей, в связи с этим требуется применять специальные защитные элементы. С целью создания защитного элемента для суставов человека, авторами проанализировано строение тела многоножки, которое заключено в экзоскелет и имеет сочлененные конечности⁶. Сегменты тела покрыты жесткой белковой кутикулой (1). Гибкость тела обеспечивается перекрывающейся мембраной (2). Прочность экзоскелета гарантирует устойчивое прикрепление мышц (3) к внутренней стороне кутикулы. Группы мышц (4) используются для перемещения ног. Строение изображено на рисунке 5.

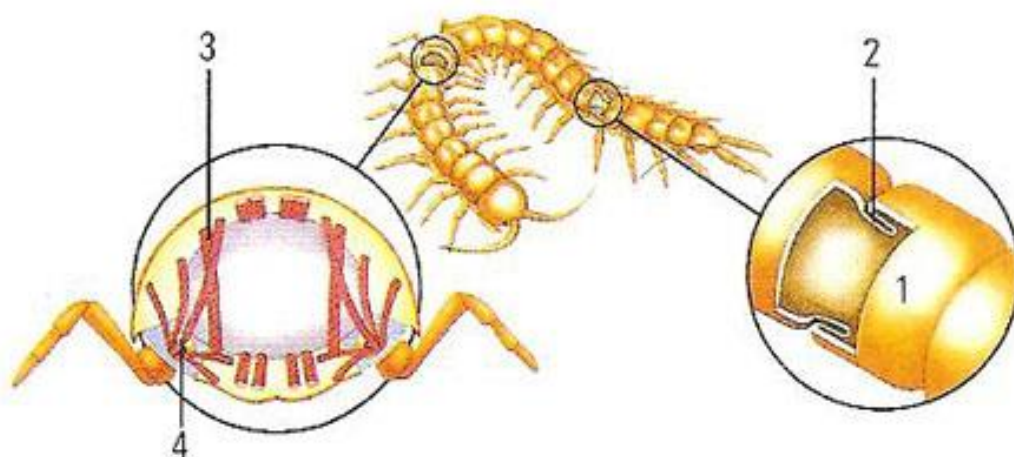


Рисунок 5. Строение тела многоножки (рисунок www.daviddarling.info)

На основе сегмента тела 1, показанном на рисунке 5, многоножки смоделирован защитный элемент для куртки, создающий защиту подвижных суставов локтя и колена. Данный 3D элемент, показанный на рисунке 6, способствует беспрепятственному движению в любой плоскости, обеспечивая защитную функцию локтевых и коленных суставов.

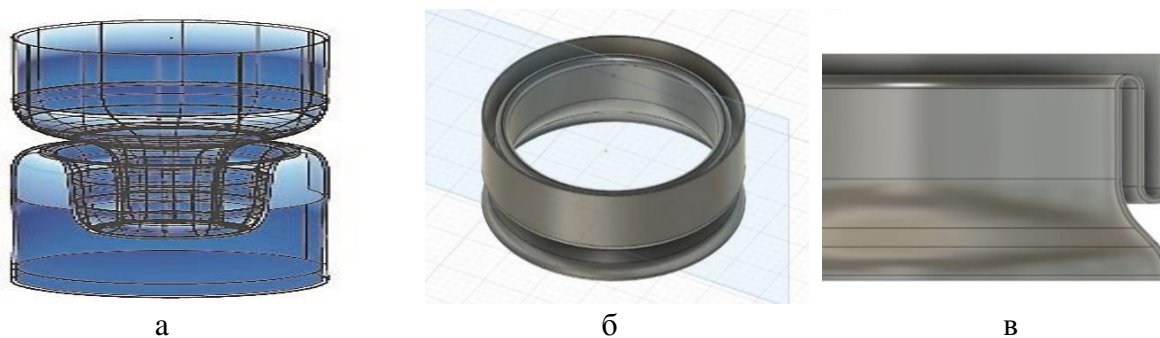


Рисунок 6. Эскиз 3D модели защитного элемента:

а – вид сбоку; б – построение модели; в – модель в разрезе (эскизы автора)

⁶ URL Дэвид Дарлинг. Энциклопедия науки. Членистоногие. Строение многоножки. 2016
<https://www.daviddarling.info/encyclopedia/A/arthropod.html> (дата обращения 17.01.21).

Для защиты локтевых суставов в куртке для спортсменов, охотников, туристов или профессиональных рыбаков предложено использование аналогичных по конструкции элементов. На техническом эскизе куртки (рисунок 7) жёлтым цветом выделено возможное местоположение элемента.



Рисунок 7. Технический эскиз куртки (эскиз авторов)

В результате проведённых исследований природных оболочек, разработки эскиза изготовлена 3D модель налокотника (рисунок 8). Пропорции защитного элемента полностью соответствуют объекту исследования – сегменту строения многоножки, таким образом сохраняя принцип движения сегмента и защитную функцию. В результате элемент изготовлен по следующим измерениями – D – 130 мм, высота сгиба – 30 мм, толщина стенки – 1 мм. Диаметр соответствует комфортному прохождению руки, выполняя защитную функцию. Защитный элемент изготовлен из гибкого, мягкого пластика BFlex, что обеспечивает возможность его беспрепятственного сгибания, растягивания или сжатия.



а



б



в

Рисунок 8. 3D модель налокотника:

а – развёрнутый вид; б – общий вид; в – эластичность элемента (фото авторов)

Защитный элемент может использоваться как в плечевых изделиях для защиты локтевых суставов, но и в поясных для защиты коленных суставов и щиколотки. Конструкция может быть съёмной или встроенной в изделие в зависимости от назначения.

Таким образом полученный результат расширит ассортимент защитных элементов, их качество и улучшит уровень защиты человека. Путём трёхмерного сканирования тела человека, а именно локтевого сустава, возможно изготовление разрабатываемой модели с улучшенными свойствами и функциями, полностью соответствующими эргономике человека.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лучанский Г. «Профилактика туристского травматизма» Москва, ФГУНПП «Аэрогеология», 1995 г. №24.
2. Getmantseva V.V., Guseva M.A., Goncharuk E.O., Andreeva E.G. Basic aspects of knee-pad design technology for sportswear В сборнике: Education and science in the 21st century. Articles of the III International Scientific and Practical Conference. 2018. С. 21–24.
3. Махмудова Г., Руднева Т.В., Базаев Е.М., Стаханова С.И., Ташпулатов С.Ш., Сулейменова У.Т. Разработка классификации характеристик строения природных армированных оболочек. Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2020. №3 (387). С. 84–89.
4. Жерарден Л. «Бионика. В мире науки и техники.» 1971. 228 с.
5. Белгородский В.С., Тюрин И.Н., Гетманцева В.В., Андреева Е.Г. Проектирование одежды на основе материалов с функцией памяти формы. Дизайн и технологии. 2018. №68 (110). С. 46–52.
6. Руднева Т.В., Базаев Е.М. Проектирование швейных изделий по принципу строения природных оболочек // Швейная промышленность, №4, 2012.
7. Гийо Ж.А. Бионика: когда наука имитирует природу / Гийо Ж.А. – Москва: Техносфера. – 2013. – 280 с.
8. Руднева Т.В., Рябовол Д.Ю., Базаев Е.М. Исследование прочностных свойств структуры природных аналогов текстильных оболочек. // Тезисы докладов II международной научно-практической конференции "Инновационные и наукоемкие технологии". М.: МГУДТ, 2010 г.
9. Научные исследования и разработки в области конструирования швейных изделий. Андреева Е.Г., Лунина Е.В., Петросова И.А., Гусева М.А., Гетманцева В.В., Базаев Е.М., Шпачкова А.В., Чижова Н.В., Степанищева А.Н., Гуторова Н.В., Киселева М.В., Руднева Т.В., Никитина Н.В. глава 2.2. Особенности проектирования и изготовления швейных изделий по принципу строения природных армированных оболочек. Москва, 2016. С. 105–126.
10. Izabela Frontczak-Wasiak, Marek Snycerski, Izabela Luiza Ciesielska. Textile Structures Modeled on a Spider's Net. FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe, January / December / A 2008, Vol. 16, No. 5 (70). URL: https://www.researchgate.net/publication/229420597_Textile_Structures_Modeled_on_a_Spider's_Net.
11. Fang, Bin; Zhou, Quan; Sun, Fuchun; Shan, Jianhua; Wang, Ming; Xiang, Cheng; Zhang, Qin. Gait Neural Network for Human-Exoskeleton Interaction. Volume 14 – Oct 29, 2020. URL: <https://www.deepdyve.com/lp/pubmed-central/gait-neural-network-for-human-exoskeleton-interaction-d19XNSIFdD?articleList=%2Fsearch%3Fquery%3DExoskeleton%26page%3D7>.
12. Głowiński, S., Krzyżyński, T., Pecolt, S. et al. Design of motion trajectory of an arm exoskeleton. Arch Appl Mech 85, 75–87 (2015). <https://doi.org/10.1007/s00419-014-0900-8>.
13. Wesley Ross McLendon, Dr. John, D. Whitcomb. Investigation into Dragonfly Wing Structure and Composite Fabrication. // Texas A&M University, College Station, TX. URL: <https://www.researchgate.net/profile/John-Whitcomb-2>.
14. Сагдеева О.С., Гирфанова Л.Р. Использование принципов биомиметики при создании инновационных материалов в легкой промышленности. Технические науки: научные приоритеты учёных. Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции №1. г. Пермь, 2016. 106 с.

Zavadskaja Inga Dmitrievna

Russian state university named A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art), Moscow, Russia
E-mail: ingeliya@mail.ru

Chizhova Natalia Viktorovna

Russian state university named A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art), Moscow, Russia
E-mail: nvchizhova@mail.ru

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=876885

Petrosova Irina Alexandrovna

Russian state university named A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art), Moscow, Russia
E-mail: 76802@mail.ru

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=606302

Andreeva Elena Georgievna

Russian state university named A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art), Moscow, Russia
E-mail: 76802@mail.ru

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=259825

Development of protective elements in clothing based on the study of the structure of natural shells

Abstract. Special clothing – personal protective equipment designed to preserve human health and protect it from the negative effects of the natural environment.

Tourism, hunting, fishing are popular areas of stay and human functioning in natural conditions that require special protection of the body. During the stay in nature, it is necessary to pay special attention to the protection of vulnerable places, mobile joints of the human skeleton, elbows, knees, and ankles. Bionics – these are the principles of the existence of nature and the future existence of humanity in harmony with nature. Living nature improves the forms of living organisms, a person can borrow the principles and features of the internal and external structure for the development of protective full-scale models in engineering, medicine, electronics and other sciences. Research and use of the forms and principles of the structure of biological organisms allows you to create protective elements and technologies that work with improved results. The study of natural shells, the properties of organisms and their parameters affects the development of modern society as a whole.

In the course of studying the structure of biological organisms, the article analyzes the body of a centipede and, based on the structure of its body segment, develops the principle of a protective elbow pad and develops its 3D model. The model is made of flexible plastic BFlex. The elbow pad can be used in the formation of clothing elements to protect vulnerable parts of the human body. In the production of a prototype jacket, a 3D model of the elbow pad is made, which is embedded in the sleeve. In addition, the design can be removable or integrated into the product. Thus, the result will expand the range of protective elements, their quality and improve the level of human protection.

Keywords: workwear; built-in protective elements; bionics; elbow pad; clothing design; natural shell; biomimetics; 3D printing; flexible plastic; exoskeleton

REFERENCES

1. Luchansky G. "Prevention of tourist traumatism" Moscow, FGUNPP "Aerogeology", 1995 No. 24.

2. Getmantseva V.V., Guseva M.A., Goncharuk E.O., Andreeva E.G. Basic aspects of knee-pad design technology for sportswear. In the collection: Education and science in the 21st century. Articles of the III International Scientific and Practical Conference. 2018. S. 21–24.
3. Makhmudova G., Rudneva T.V., Bazaev E.M., Stakhanova S.I., Tashpulatov S.Sh., Suleimenova U.T. Development of a classification of the characteristics of the structure of natural reinforced shells. Proceedings of higher educational institutions. Textile industry technology. 2020. No. 3 (387). S. 84–89.
4. Gerardin L. "Bionics. In the world of science and technology." 1971. 228 s.
5. Belgorodsky V.S., Tyurin I.N., Getmantseva V.V., Andreeva E.G. Designing clothes based on materials with the function of memory of the shape. Design and technologies. 2018. No. 68 (110). S. 46–52.
6. Rudneva T.V., Bazaev E.M. Designing garments according to the principle of the structure of natural shells // Clothing industry, no. 4, 2012.
7. Guillot J.A. Bionics: when science imitates nature / Guillot J.A. – Moscow: Technosphere. – 2013. – 280 p.
8. Rudneva T.V., Ryabovol D.Yu., Bazaev E.M. Investigation of the strength properties of the structure of natural analogs of textile casings. // Abstracts of the II International Scientific and Practical Conference "Innovative and Science-Intensive Technologies". M.: MGUDT, 2010.
9. Research and development in the field of designing garments. Andreeva E.G., Lunina E.V., Petrosova I.A., Guseva M.A., Getmantseva V.V., Bazaev E.M., Shpachkova A.V., Chizhova N.V., Stepanishcheva A.N., Gutorova N.V., Kiseleva M.V., Rudneva T.V., Nikitina N.V. chapter 2.2. Features of designing and manufacturing of sewing products on the principle of construction of natural reinforced shells. Moscow, 2016. P. 105–126.
10. Izabela Frontczak-Wasiak, Marek Snycerski, Izabela Luiza Ciesielska. Textile Structures Modeled on a Spider's Net. FIBERS & TEXTILES in Eastern Europe, January / December / A 2008, Vol. 16, No. 5 (70). URL: https://www.researchgate.net/publication/229420597_Textile_Structures_Modeled_on_a_Spider's_Net.
11. Fang, Bin; Zhou, Quan; Sun, Fuchun; Shan, Jianhua; Wang, Ming; Xiang, Cheng; Zhang, Qin. Gait Neural Network for Human-Exoskeleton Interaction. Volume 14 – Oct 29, 2020. URL: <https://www.deepdyve.com/lp/pubmed-central/gait-neural-network-for-human-exoskeleton-interaction-d19XNSIFdD?articleList=%2Fsearch%3Fquery%3DExoskeleton%26page%3D7>.
12. Głowiński, S., Krzyżyński, T., Pecolt, S. et al. Design of motion trajectory of an arm exoskeleton. Arch Appl Mech 85, 75–87 (2015). <https://doi.org/10.1007/s00419-014-0900-8>.
13. Wesley Ross McLendon, Dr. John, D. Whitcomb. Investigation into Dragonfly Wing Structure and Composite Fabrication. // Texas A&M University, College Station, TX. URL: <https://www.researchgate.net/profile/John-Whitcomb-2>.
14. Sagdeeva O.S., Girfanova L.R. Using the principles of biomimetics in the creation of innovative materials in the light industry. Engineering sciences: scientific priorities of scientists. Collection of scientific papers on the results of the international scientific and practical conference №1. Perm, 2016. 106 p.