

Научная статья

УДК 004.93

EDN OTLNEJ

doi 10.34216/2587-6147-2023-2-60-25-29

Алексей Владимирович Круглов¹

Евгений Сергеевич Телегин²

Алексей Юрьевич Матрохин³

Наталья Александровна Грузинцева⁴

^{1,2,3,4} Ивановский государственный политехнический университет, г. Иваново, Россия

¹ kruglov_av_igta@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9304-981X>

² telegin.es@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7713-7190>

³ matrokhin.igta@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2373-3904>

⁴ gna76@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4312-6901>

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СОЗДАНИИ СИСТЕМЫ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ «УМНОЙ ОДЕЖДЫ»

Аннотация. В статье приводится анализ основных направлений систем энергообеспечения «умной одежды». Авторы рассмотрели наиболее перспективные виды «умной одежды», эксплуатация которой позволяет генерировать и сохранять тепловую и электрическую энергию в процессе повседневной носки одежды. Приведены основные параметры и характеристики рассматриваемых направлений энергообеспечения «умной одежды», а именно «одежда-генератор», которая позволяет получать энергию от солнечной батареи, генерации движения, генерации за счет энергии человеческого тела (пот и тепло тела), и «одежда-аккумулятор». В заключении обозначены основные проблемы и направления развития исследований в вопросах создания системы энергообеспечения инновационной одежды.

Ключевые слова: инновационные технологии, «умная одежда», энергообеспечение, электричество, генерация, сохранение энергии, солнечная батарея, аккумулятор, человеческое тело

Для цитирования: Основные направления развития инновационных технологий в создании системы энергообеспечения «умной одежды» / А. В. Круглов, Е. С. Телегин, А. Ю. Матрохин, Н. А. Грузинцева // Технологии и качество. 2023. № 2(60). С. 25–29. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2023-2-60-25-29>.

Original Article

Alexey V. Kruglov¹

Evgeniy S. Telegin²

Alexey Yu. Matrokhin³

Natalya A. Gruzintseva⁴

^{1,2,3,4} Ivanovo State Polytechnical University, Ivanovo, Russia

MAIN DIRECTIONS FOR THE DEVELOPMENT OF INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN CREATING THE POWER SUPPLY SYSTEM OF “SMART CLOTHING”

Abstract. The article analyzes the main directions of energy supply systems for “smart clothes”. The authors considered the most promising types of “smart clothes”, the work of which allows you to generate and accumulate thermal and electrical energy in the process of everyday wear of clothes. The main parameters and characteristics of the considered areas of energy supply of “smart clothes”, namely “generator clothes”, which allow you to receive energy from a solar battery, generate motion, generate human body energy (sweat and body heat) and “battery clothes” are given. In conclusion, the main problems and directions for the development of research on the creation of an energy supply system for innovative clothing are outlined.

Keywords: innovative technologies, “smart clothes”, energy supply, electricity, generation, energy saving, solar battery, battery, human body

For citation: Kruglov A. V., Telegin E. S., Matrokhin A. Yu., Gruzintseva N. A. Main directions for the development of innovative technologies in creating the power supply system of “smart clothing”. *Technologies & Quality*. 2023. No 2(60). P. 25–29. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2023-2-60-25-29>.

Стремительное развитие инновационных технологий позволяет расширять возможности их применения практически во всех областях жизнедеятельности человека. Сегодня «умная одежда» – это не только использование IT-технологий, но и применение различных источников энергии, которые позволяют вырабатывать, преобразовывать и сохранять тепловую и электрическую энергии в процессе повседневной носки одежды. В процессе проектирования «умной одежды» необходимо определиться с источниками энергии, традиционными из которых являются генераторы, позволяющие вырабатывать энергию в точках ее потребления [1, 2]. В «умной одежде» источниками энергии также является человеческое тело, которое за счет значительной площади и определенного нагрева позволяет собирать энергию, сравни-

мую с солнечной, а материал возле коленей, локтей, таза и плеч может подзаряжаться от механического движения, кроме того, пот также может использоваться для преобразования в энергию [3].

В настоящее время существует достаточное количество инновационных технологий, которые используются для генерации и сохранения электроэнергии в одежде, но не все разработки используются при производстве тканых полотен [4]. На рисунке 1 представлены направления научных исследований в области выработки, преобразования и сохранения электрической энергии в одежде.

С целью определения их технического уровня рис. 1 проведен анализ основных направлений развития генерации в «умной одежде» [5, 6] (табл. 1).

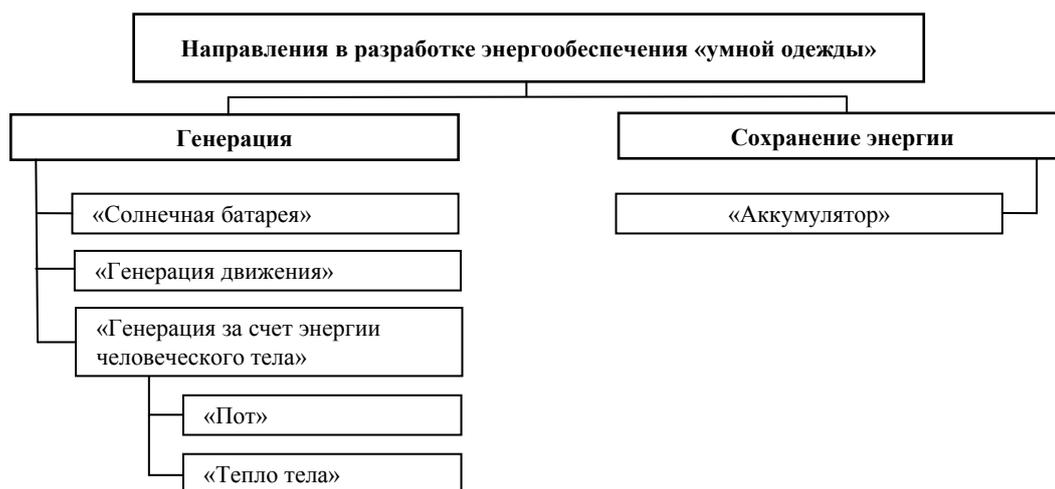


Рис. 1. Основные направления разработки системы энергообеспечения «умной одежды»

Т а б л и ц а 1

Направления разработки «одежда-генератор»

Основные параметры	Краткая характеристика параметра	Автор разработки
«Солнечная батарея» – одежда, генерирующая электрический ток за счет энергии солнца (рис. 2)		
Адаптация технологии солнечных батарей для использования в одежде	Преобразование солнечной энергии в электрический ток посредством тонких полупроводников и проводов, применяемых в солнечных батареях	Дизайнер одежды Tommy Hilfiger совместно с компанией Pvilion, (USA)
«Генерация движения» – одежда, генерирующая электрический ток за счет движения человека и одежды (рис. 3)		
Генерация энергии, основанная на использовании движений человека и элементов одежды. В одежду вшиваются особые датчики, которые работают за счет выработанной энергии при движении человека	Преобразование энергии движения в электрический ток посредством тефлоновых полосок, переплетенных с медными проводами. Когда ткань находится в движении (сжимается или сгибается), часть электронов из меди перетекает в тефлоновые полоски и ткань вырабатывает электрический ток	University of California, Los Angeles (USA)

О к о н ч а н и е т а б л . 1

Основные параметры	Краткая характеристика параметра	Автор разработки
<i>«Генерация за счет энергии человеческого тела» – «Пот»</i> – одежда, генерирующая электрический ток за счет выработки человеческого пота		
Применение технологий генерации, основанных на получении энергии за счет окисления человеческого пота	Преобразование энергии за счет окисления человеческого пота в миниатюрных биотопливных ячейках, которые содержат ферменты, запускающие обмен электронов между молекулами лактата и кислорода, присутствующими в человеческом поте	University of California, San Diego (USA)
<i>«Генерация за счет энергии человеческого тела» – «Тепло тела»</i> – одежда, генерирующая электрический ток за счет выработки тепла человеческим телом (рис. 4)		
Использование технологий с применением генераторов размером около 0,5 см, содержащих сетку полупроводниковых стержней, зажатых между двумя керамическими плитами	Преобразование разности тепловой энергии в электрическую за счет перемещения электронов, основанное на расхождении температур полупроводниковых стержней и суммировании напряжений при соединении положительных катодов	University of Milan (Italy)

Наглядная иллюстрация образцов «умной одежды», генерирующей энергию, приведена на рис. 2–4.

Представленные образцы одежды позволяют генерировать электрический ток за счет внешних и внутренних факторов, что обеспечивает конвертацию разницы температур в электрический ток за счет использования пирозлектрического эффекта.



Рис. 2. «Солнечная батарея» [7]



Рис. 3. «Генерация движения» [8]

Рассмотрим следующее направление разработки системы энергообеспечения «умной одежды», которое заключается в сохранении энергии. Данное направление позволяет локализовать и сохранить сгенерированную электрическую энергию в ткани одежды за счет встроенных в нее датчиков и аккумуляторных батарей [10–12] (табл. 2).



Рис. 4. «Генерация за счет энергии человеческого тела» [9]

ВЫВОДЫ

Проведенный анализ показал, что для эффективного использования системы энергообеспечения «умной одежды» необходима выработка электрической энергии в точках ее потребления, что позволит эксплуатировать одежду без постоянной подзарядки. В настоящее время в данном направлении зарубежными университетами активно ведутся научные исследования и изготавливаются опытные образцы «умной одежды». Следует отметить, что в российском научном секторе наблюдается недостаточная проработанность направлений, касающихся преобразования и хранения энергии, по-

лученной посредством использования принципа солнечных батарей и генерации электрической энергии посредством движений человека и вибрации одежды. В ИВГПУ на базе кафедры

МТСМ ведутся исследования по разработке «умной одежды», которая позволит минимизировать потерю энергии при генерации и передаче ее до системы конденсации [13, 14].

Т а б л и ц а 2

Направления разработки «одежда-аккумулятор»

Основные параметры	Краткая характеристика параметра	Автор разработки
<i>«Одежда-аккумулятор» – аккумулятирование электрической мощности, полученной посредством ткани «одежда-генератор»</i>		
Применение технологий конденсаторов диаметром до 3 мм и емкостью 2 мФ, принимающих заряд напряжением до 2 вольт за 1 мин при использовании образца ткани генератора размером 4×5 см	Уменьшение размеров Li аккумуляторов до 3 мм и получение электрической мощности посредством преобразования из ткани «одежда-генератор»	Georgia Institute of Technology (USA)

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Aage T., Belussi F. From Fashion to Design: Creative Networks in Industrial Districts // *Industry & Innovation*. 2008. Vol. 15(5). P. 475–491.
2. Dunne L. Smart Clothing in Practice: Key Design Barriers to Commercialisation // *Fashion Practice*. 2015. Vol. 2(1). P. 41–65.
3. Pantzar M., Shove E. Understanding innovation in practice: a discussion of the production and reproduction of Nordic Walking // *Technology Analysis & Strategic Management*. 2010. Vol. 22(4). P. 447–461.
4. A Method for Producing Nonwoven Fabric Based on Arselon Fiber for Filtration of Air Mixtures / B. P. Makarov, M. V. Shablygin, M. P. Mihajlova, A. Yu. Matrohin // *Fibre Chemistry*. 2020. Vol. 51. No 6. С. 437–439.
5. Energy Harvesting Smart Textile / D. V. Bayramol, N. Soin, T. Shah, E. Siores, D. Matsouka, S. Vassiliadis // *Smart Textiles. Human-Computer Interaction Series*. Springer, Cham., 2017. P. 199–231.
6. Smelik A., Toussaint L., Van Dongen P. Solar Fashion. An Embodied Approach to Wearable Technology // *International Journal of Fashion Studies*. 2016. Vol. 3(2). P. 287–303.
7. Одежда с солнечными батареями // 24gadget : Гаджеты и технологии. URL: <https://24gadget.ru/1161060030-odezhda-s-solnechnymi-batareyami> (дата обращения: 17.01.2023).
8. Одежда может генерировать энергию // Все для химчистки и прачечной : отраслевой портал. URL: <https://www.cleanprice.ru/news3756-odejda-mojet-generirovat-energiyu-iz-dvijeniy-i-pota-vladelca> (дата обращения: 17.01.2023).
9. Ученые разрабатывают одежду, которая умеет генерировать электричество // RB.RU : новые технологии, бизнес и карьера в цифровой экономике. URL: <https://rb.ru/story/t-shirt-generator> (дата обращения: 17.01.2023).
10. Зимина М. В., Чагина Л. Л., Иванов В. В. Оценка паропроницаемости систем материалов для адаптивной одежды людей с ограниченными двигательными возможностями // *Технологии и качество*. 2022. № 2(56). С. 16–23.
11. Godfrey A. Wearables for independent living in older adults: Gait and falls // *Maturitas*. 2017. Vol. 100. P. 16–26.
12. Сорокин Д. В., Никифоров А. Л. Математическое моделирование нестационарного теплообмена в многослойном композиционном материале // *Технологии и качество*. 2021. № 1(51). С. 9–14.
13. Построение методики цифрового исследования неравномерности по поверхностной плотности нетканых материалов / Н. А. Коробов, М. А. Лысова, Н. А. Грузинцева, Б. Н. Гусев // *Технологии и качество*. 2021. № 2(52). С. 5–10.
14. Цифровизация в инклюзивной антропометрии / М. А. Гусева, В. В. Костылева, И. А. Петросова, Е. Г. Андреева, Е. В. Литвин, И. Д. Гусев // *Известия вузов. Технология текстильной промышленности*. 2020. № 6(390). С. 154–161.

REFERENCES

1. Aage T., Belussi F. From Fashion to Design: Creative Networks in Industrial Districts. *Industry and Innovations*. 2008;15(5):475–491.

2. Dunne L. Smart Clothing in Practice: Key Design Barriers to Commercialisation. *Fashion Practice*. 2015;2(1):41–65.
3. Pantsar M., Shove E. Understanding Innovation in Practice: Discussing the Production and Reproduction of Nordic Walking. *Technological Analysis and Strategic Management*. 2010;22(4):447–461.
4. Makarov B. P., Shablygin M. V., Mikhailova M. P., Matrokhin A. Yu. A method for obtaining a non-woven fabric based on Arselon fiber for filtering air mixtures. *Chemistry of Fibers*. 2020;51,6:437–439.
5. Bayramol D. V., Soin N., Shah T., Siores E., Matsouka D., Vassiliadis S. Energy Harvesting Smart Textile. *Smart Textiles. Human-Computer Interaction Series*. Springer, Cham., 2017. P. 199–231.
6. Smelik A., Toussaint L., Van Dongen P. Solar Fashion. An Embodied Approach to Wearable Technology. *International Journal of Fashion Studies*. 2016;3(2):287–303.
7. Clothes with solar panels. 24gadget.ru. Gadgets and technologies. URL: <https://24gadget.ru/1161060030-odezhda-s-solnechnymi-batareyami> (Accessed: 17.01.2023).
8. Clothes can generate energy. Everything for dry cleaning and laundry : industry portal. URL: <https://www.cleanprice.ru/news3756-odejda-mojet-generirovat-energiyu-iz-dvijeniya-i-pota-vladelca> (Accessed: 01.17.2023).
9. Scientists are developing clothes that can generate electricity. RB.EN : new technologies, business and career in the digital economy. URL: <https://rb.ru/story/t-shirt-generator> (Accessed: 01.17.2023).
10. Zimina M. V., Chagina L. L., Ivanov V. V. Evaluation of the vapor permeability of adaptive clothing material systems for people with limited motor capabilities. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2022;2(56):16–23. (In Russ.)
11. Godfrey A. Wearables for independent living in older adults: Gait and falls. *Maturitas*. 2017;100:16–26.
12. Sorokin D. V., Nikiforov A. L. Mathematical modeling of non-stationary heat transfer in a multilayer composite material. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2021;1(51):9–14. (In Russ.)
13. Korobov N. A., Lysova M. A., Gruzintseva N. A., Gusev B. N. Construction of a digital study technique for the non-uniformity of the surface density of nonwoven materials. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2021;2(52):5–10. (In Russ.)
14. Guseva M. A., Kostyleva V. V., Petrosova I. A., Andreeva E. G., Litvin E. V., Gusev I. D. Digitalization in inclusive anthropometry. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Textile Industry Technology (Series Proceedings of Higher Educational Institutions)]. 2023;6:154–161. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 5.03.2023

Принята к публикации 10.05.2023