

Научная статья

УДК 677

EDN LSIQUH

doi 10.34216/2587-6147-2023-2-60-10-14

Марина Владимировна Антонова

Казанский национальный исследовательский технологический университет, г. Казань, Россия
marisha.10@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7313-7804>

ИССЛЕДОВАНИЕ АНТИСТАТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ, ОБРАБОТАННЫХ КОЛЛОИДНЫМИ СОСТАВАМИ НА ОСНОВЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ НАНОЧАСТИЦ

Аннотация. В статье приводится краткий обзор применения наночастиц металлов в текстильной промышленности, описываются их свойства и области применения. Даны определения понятий электризуемости, электростатического поля, плотности электрического заряда. Обосновано применение обработки тканей полиуретановой дисперсией и наночастицами металлов в технологических процессах отделки текстильных материалов. Объектами исследования выступают образцы хлопчатобумажной ткани с добавлением синтетических волокон, коллоидные растворы наночастиц серебра и наночастиц меди, водная полиуретановая дисперсия. Изучены антистатические свойства тканей. Измерена напряженность электростатического поля образцов на приборе СТ-01, рассчитана плотность электрического заряда по значениям напряженности. Экспериментально установлено, что обработка тканей растворами наночастиц металлов способствует снижению напряженности их электростатического поля до 65 %, в сравнении с исходными образцами. Отмечено, что обработка тканей полиуретановой дисперсией в сочетании с наночастицами меди не придает явных антистатических свойств смесовым тканям.

Ключевые слова: коллоидные составы, наночастицы, полиуретановая дисперсия, антистатика, свойства, электрическое поле, напряженность

Для цитирования: Антонова М. В. Исследование антистатических свойств материалов, обработанных коллоидными составами на основе металлических наночастиц // Технологии и качество. 2023. № 2(60). С. 10–14. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2023-2-60-10-14>.

Original Article

Marina V. Antonova

Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia

STUDY OF THE ANTISTATIC PROPERTIES OF MATERIALS TREATED WITH COLLOIDAL COMPOSITIONS BASED ON METAL NANOPARTICLES

Abstract. The article provides a short overview of the application of metal nanoparticles in the textile industry, describes their properties and application's fields. The definitions of electrification, electrostatic field, electric charge density are given. The application of processing of fabrics by polyurethane dispersion and metal nanoparticles in technological processes of textile materials finishing is justified. The objects of the study are cotton fabric's samples with addition of synthetic fibres, colloidal solutions of silver and copper nanoparticles, aqueous polyurethane dispersion. The antistatic properties of the fabrics have been studied. The electrostatic field intensity of the samples was measured on the device ST-01, with the density of the electric charge calculating according to the intensity values. It has been experimentally established, that the processing of fabrics by solutions of nanoparticles of metals contributes to reduction of intensity of their electrostatic field to 65 %, compared with the initial samples. It is noted that treatment of fabrics by polyurethane dispersion in combination with copper nanoparticles gives no clear antistatic properties to the blended fabrics.

Keywords: colloidal compositions, nanoparticles, polyurethane dispersion, antistatic properties, electric field, strength

© Антонова М. В., 2023

For citation: Antonova M. V. Study of the antistatic properties of materials treated with colloidal compositions based on metal nanoparticles. *Technologies & Quality*. 2023. No 2(60). P. 10–14. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2023-2-60-10-14>.

Одним из современных методов придания текстильным материалам специальных свойств является обработка их наночастицами металлов. Текстильные волокна и материалы на их основе, содержащие наночастицы серебра, обладают антибактериальными свойствами [1, 2]. Помимо антибактериальных свойств, наночастицы серебра обладают высокой электропроводностью [3, 4]. Исследования влияния наночастиц серебра на изменение напряженности электростатического поля искусственных и синтетических тканей показало, что присутствие наночастиц серебра препятствует накоплению статического электричества на их поверхности [5].

В настоящее время высокий интерес для текстильной отрасли представляют наночастицы меди. Они значительно дешевле наночастиц серебра и способны заменить более дорогие благородные металлы. Кроме того, наночастицы меди быстро деградируют в условиях окружающей среды, что снижает нагрузку на экосистему [6–8]. Как и серебро, медь обладает электропроводностью и может использоваться для защиты текстильных материалов от статического электричества. Это особенно актуально в эпоху синтетических и смесовых тканей.

Наличие в смесовых тканях синтетических волокон способствует повышению их электризуемости. Электризуемость материалов связана с процессом накопления зарядов на поверхности диэлектрика. Синтетические волокна лучше удерживают электростатические заряды, так как обладают очень низкой проводимостью и низкой гигроскопичностью. Заряды, накапливаемые синтетическими волокнами, не будут рассеиваться в ткани, и их эффект будет более заметным, что может негативно сказываться на здоровье человека во время эксплуатации изделий. Волокнистым составом материала определяется плотность электрического заряда, возникающего на поверхности материала, и его удельное поверхностное электрическое сопротивление. Электризуемость текстильных материалов оценивается плотностью заряда (Q , Кл/см²) и полярностью заряда.

Электростатическое поле характеризуется напряженностью, которая определяется отношением силы, действующей в поле на точечный электрический заряд, к величине этого заряда [9].

Целью работы является изучение влияния пропитки коллоидными растворами на основе

наночастиц металлов на способность тканей смесового состава электризоваться.

В качестве объектов исследования использовали ткань состава хлопок 60 %/полиэстер 40 %; наночастицы серебра, стабилизированные неионогенным полимером (поливиниловый спирт) Ag/500/PVA/W, производство Россия; наночастицы меди, стабилизированные карбоксиметилцеллюлозой, Cu/350/CMC/W, производство Россия; полиуретановую дисперсию на водной основе.

Для исследования изменений напряженности электростатического поля текстильных материалов проводили испытания по ГОСТ 32995–2014. Измерения проводили прибором СТ-01. Измеритель СТ-01 предназначен для измерений напряженности электростатического поля при обеспечении контроля опасных уровней электростатических полей. Плотность заряда δ , Кл/м² рассчитывали по значениям напряженности электростатического поля образцов. Наличие наночастиц металлов на поверхности материала оценивали с помощью цифрового микроскопа Levenhuk Discovery Atto Polar, производство Китай.

Для исследований готовились две партии образцов. Первая партия обрабатывалась коллоидными растворами на основе наночастиц серебра и наночастиц меди. Параллельно исследовалась партия образцов тканей, обработанных растворами наночастиц металлов с добавлением водной полиуретановой дисперсии. Концентрация растворов наночастиц серебра и наночастиц меди принималась одинаковой.

Пропитка образцов проводилась в одинаковых условиях, при постоянном перемешивании: температура раствора 40...50 °С, время обработки 60 мин.

Оценки наличия агломератов наночастиц серебра или меди на поверхности нитей смесовой ткани проводили методом оптической микроскопии (рис. 1).

Как можно наблюдать на рис. 1а, на поверхности нитей присутствуют вкрапления металлических частиц в структуре полотна. Увеличивающая способность оптической микроскопии не позволяет увидеть сами наночастицы, но отчетливо видны их агломераты. Обработка ткани наночастицами совместно с полиуретановой дисперсией позволяет в некоторой степени закрепить наночастицы на поверхности волокон. На фото (см. рис. 1б) видно, что на поверх-

ности нитей также присутствуют следы дисперсии и агломераты наночастиц. Распределяясь на поверхности текстильного материала, полиуретановая дисперсия, благодаря своим свойствам, способствует закреплению и распределению частиц металлов по поверхности волокон. Это в свою очередь может способствовать получению текстильных материалов со специальными свойствами.

После пропитки и высушивания производились замеры напряженности электростатического поля испытываемых и исходных образцов смесовых тканей.

Полученные в ходе исследования результаты напряженности электростатического поля испытываемых образцов ткани представлены на рис. 2.

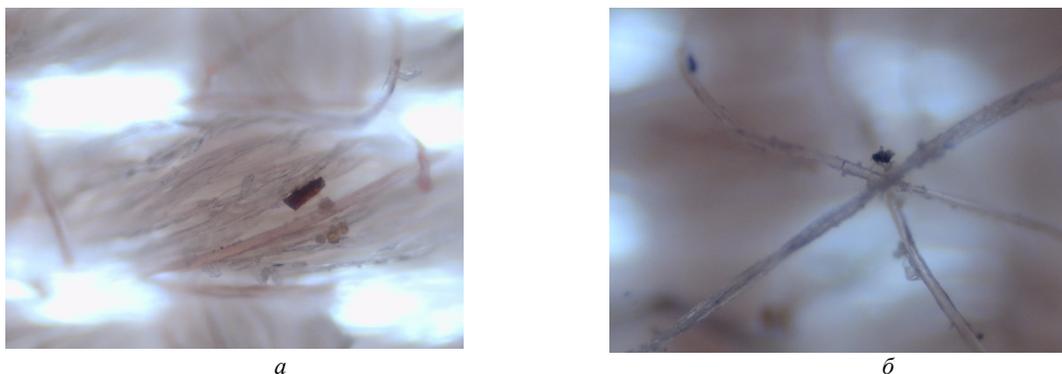


Рис. 1. Результаты оптической микроскопии поверхности ткани после пропитки составами, $\times 100$: а – наночастицами серебра; б – наночастицами серебра и полиуретановой дисперсией

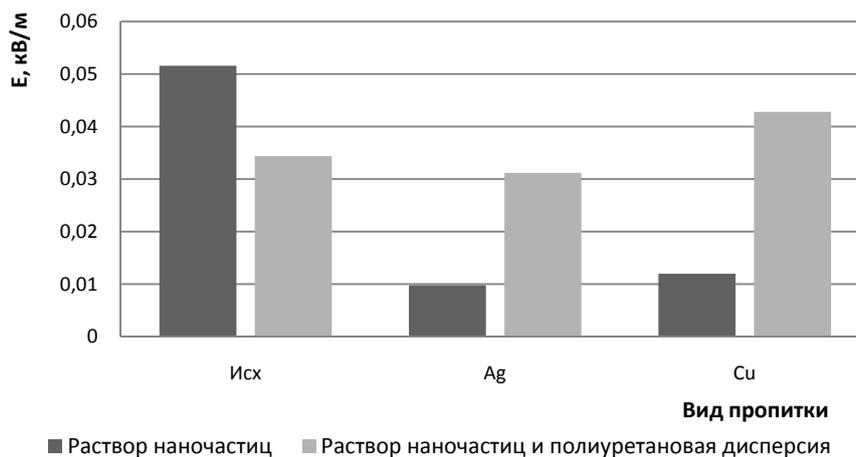


Рис. 2. Напряженность электростатического поля образцов смесовой ткани с разными видами пропиток

Согласно ГОСТ 32995–2014, предельно допустимый уровень напряженности электростатического поля на поверхности текстильных материалов и изделий из них не должен превышать 15 кВ/м. Как видно из рис. 2, предельно допустимый уровень напряженности не превышен. У образцов, обработанных наночастицами серебра, напряженность электростатического поля снижается. По данным, представленным на рис. 2, видно, что обработка смесовой ткани составами с наночастицами меди также снижает уровень напряженности электростатического поля на поверхности материала. Наличие наночастиц металлов на поверхности текстильных материалов способствует рассеянию зарядов

в ткани, и вследствие этого их электризуемость снижается.

Обработка тканей полиуретановой дисперсией несколько повышает напряженность электростатического поля смесовой ткани, но она остается ниже, чем у исходного образца. Полиуретановые водные дисперсии проявляют диэлектрические свойства, в то время как наночастицы металлов являются хорошими проводниками. Нанесение полиуретановой дисперсии на поверхность смесовой ткани привело к снижению гигроскопичности и влажности хлопковых нитей и волокон. Вследствие этого собственные электропроводящие свойства хлопковых волокон снижаются и напряженность электро-

статического поля ткани повышается. Однако концентрация полиуретановой дисперсии в растворе незначительна и электропроводящие свойства металлов не блокируются, и значения напряженности электростатического поля остаются ниже, чем у исходных образцов. Это может быть связано с особенностями многослойных структур, сочетающих электропроводящие и диэлектрические слои. Данный эффект наблюдается в работе с ламинированием полиэфирной ткани полиэтиленовыми пленками с последующим нанесением медного покрытия, где образцы ткани также не проявляют явных антистатических свойств [10].

Способность ткани электризоваться оценивалась по показателю плотности электрического заряда. Данный показатель рассчитывался на основе значений напряженности электростатического поля испытываемых текстильных материалов. Результаты расчета приведены на рис. 3.

Как видно из рис. 3, образцы, обработанные наночастицами серебра, имеют меньшую плотность заряда на их поверхности, в сравнении с исходными. Чем меньше плотность заря-

да, тем меньше будет электризоваться поверхность текстильного материала. В случае пропитки испытываемых тканей наночастицами меди и полиуретановой дисперсией наблюдается незначительное повышение плотности заряда на поверхности материалов, связанное с увеличением напряженности электростатического поля образцов смесовых тканей.

ВЫВОД

В ходе работы изучено влияние обработки коллоидными системами на основе металлических наночастиц на способность текстильных материалов противостоять накоплению статического заряда на поверхности. Установлено, что обработка смесовых тканей наночастицами металлов способствует снижению плотности заряда на их поверхности до 65 %, по сравнению с необработанными образцами. Кроме того, показано, что совмещенная обработка тканей наночастицами металлов и полиуретановой дисперсией приводит к некоторому снижению антистатических свойств материалов.

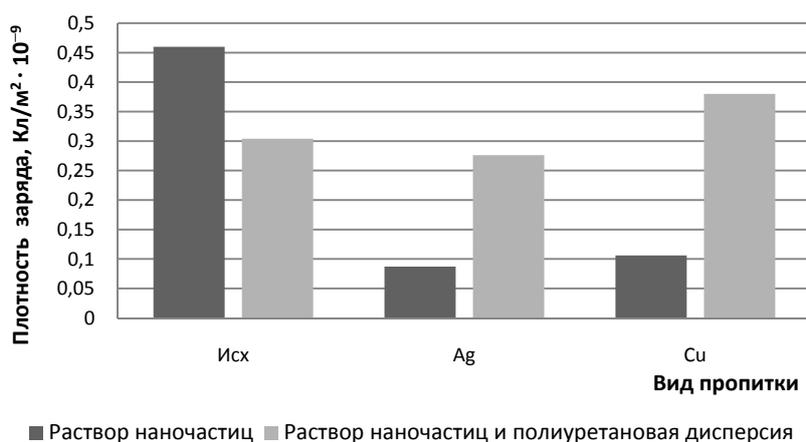


Рис. 3. Плотность электрического заряда образцов смесовой ткани с разными видами пропиток

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Антонова М. В., Илюшина С. В., Красина И. В. Методы придания антибактериальных свойств текстильным волокнам. Обзор // Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17, вып. 18. С. 56–61.
2. Бактерицидные текстильные материалы на основе биологически активных препаратов и наносеребра / А. Ю. Киселева, И. А. Шушина, О. В. Козлова, Ф. Ю. Телегин // Известия вузов. Технология легкой промышленности. 2011. Т. 12, вып. 2. С. 110–112.
3. Ма Сяоле, Чжэн Кэли, Чэнь Инхао. Свойства, применения и методы получения наносеребра // Международный студенческий научный вестник. 2018. № 6. URL: <https://eduherald.ru/ru/article/view?id=19414>. (дата обращения: 09.03.2023).
4. Electrical conductivity of silver nanoparticle doped carbon nanofibres measured by CS-AFM / Wael Ali et al. // RSC Adv. 2019. No 9. P. 4553–4562.
5. Юсупова Г. Р., Шарафутдинов Р. Э., Антонова М. В. Изучение влияния наночастиц серебра на электризуемость подкладочных тканей // Новые технологии и материалы легкой промышленности / Минобрнауки России, Казан. нац. исслед. технол. ун-т. Казань : Изд-во КНИТУ, 2022. С. 255–257.

6. Ржеусский С. Э., Авчинникова Е. А., Воробьева С. А. Нанодиагностика и антимикробные свойства наночастиц меди // Вестник фармации. 2014. № 3(65). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/nanodiagnostika-i-antimikrobnye-svoystva-nanochastits-medi> (дата обращения: 09.03.2023).
7. Таусарова Б. Р., Рахимова С. М. Целлюлозные текстильные материалы с антибактериальными свойствами, модифицированные наночастицами меди // Химия растительного сырья. 2018. № 1. С. 163–169.
8. Югова И. С., Кузнецов А. В. Сравнительный анализ свойств меди в нано- и микроструктурах // Международный студенческий научный вестник. 2015. № 6. URL: <https://eduherald.ru/ru/article/view?id=14281> (дата обращения: 14.03.2023).
9. Шакурова Ч. М., Богданова В. И. Влияние волокнистого состава на электризуемость текстильных материалов // Вестник Казанского технологического университета. 2013. № 10. С. 65–66.
10. Исследование антистатических свойств волокнистых материалов с вакуумно-плазменными покрытиями / Д. А. Хайруллово [и др.] // Газоразрядная плазма и синтез наноструктур : сб. тр. III Международн. конф. (г. Казань, 1–4 декабря 2022 г.). Казань : Бук, 2022. С. 238–243.

REFERENCES

- 1 Antonova M. V., Ilyushina S. V., Krasina I. V. Methods of imparting antibacterial properties to textile fibres. Overview* *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta*. [Bulletin of Kazan Technological University]. 2014;17,18:56–61. (In Russ.)
- 2 Kiseleva A. Yu., Shushina I. A., Kozlova O. V., Telegin F. Yu. Bactericide textiles on the basis of bioactive preparations and nanosilver. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Tekhnologiya legkoj promyshlennosti* [Proceedings of higher educational institutions. Light industry technology]. 2011;12,2:110–112. (In Russ.)
- 3 Ma Xiaole, Zheng Keli, Chen Yinghao Properties, applications and methods of obtaining nano-silver. *Setevoe izdanie: Mezhdunarodnyj studencheskij nauchnyj vestnik* [International Student Research Bulletin]. 2018;6. (In Russ.). URL: <https://eduherald.ru/ru/article/view?id=19414>. (Accessed: 09.03.2023).
- 4 Wael Ali, et al. Electrical conductivity of silver nanoparticle doped carbon nanofibres measured by CS-AFM. *RSC Adv*, 2019;9:4553–4562.
- 5 Yusupova G. R., Sharafutdinov R. E., Antonova M. V. Study of the effect of silver nanoparticles on the electrifiability of linings* *Novye tekhnologii i materialy legkoj promyshlennosti* [New light industry technologies and materials]. Kazan, Kazan. St. Technol. Univ. Publ. 2022;255–257. (In Russ.)
- 6 Rzhusskij S. E., Avchinnikova E. A., Vorob'eva S. A. Nanodiagnosics And Antimicrobial Properties of Copper Nanoparticles. *Vestnik farmacii* [Bulletin of Pharmacy]. 2014;3(65). (In Russ.). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/nanodiagnostika-i-antimikrobnye-svoystva-nanochastits-medi> (Accessed: 09.03.2023).
- 7 Taussarova B. R., Rakhimova S. M., Cellulosic Textile Materials With Antibacterial Properties Modified With Copper Nanoparticles. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ja* [Raw plant chemistry]. 2018;1:163–169. (In Russ.)
- 8 Yugova I. S., Kuznecov A. V. Comparative Analysis Of Copper Properties In Nano- And Microstructures* *Mezhdunarodnyj studencheskij nauchnyj vestnik* [International Student Research Bulletin]. 2015;6. (In Russ.). URL: <https://eduherald.ru/ru/article/view?id=14281> (Accessed: 09.03.2023).
- 9 Shakurova Ch. M., Bogdanova V. I. Influence of fibre composition on the electrifiability of textile materials*. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of Kazan Technological University]. 2013;10:65–66. (In Russ.)
- 10 Hajrullovo D. A., Karimov K. N., Voznesenskij E. F., Karnouhov A. E., Timoshina Yu. A., Grebenshchikova M. M., Antonova M. V., Zhelonkin Ya. O., Kogogin E. A. Investigation of the antistatic properties of fibre materials with vacuum-plasma coatings*. *III Mezhdunarodnaya konferenciya "Gazorazryadnaya plazma I sintez nanostruktur"* [III International Conference on Gas Discharge Plasma and Synthesis of Nanostructures]. Kazan, Buk Publ., 2022. P. 238–243. (In Russ.).

Статья поступила в редакцию 31.03.2023

Принята к публикации 10.05.2023

* Перевод названия источника выполнен авторами статьи / Translated by author's of the article.