

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

2022, №4, Том 7 / 2022, No 4, Vol 7 <https://kostumologiya.ru/issue-4-2022.html>

URL статьи: <https://kostumologiya.ru/PDF/10TLKL422.pdf>

Ссылка для цитирования этой статьи:

Антонова, М. В. Исследование влияния ультразвуковой обработки на свойства тканей / М. В. Антонова, А. С. Парсанов, И. В. Красина // Костюмология. — 2022. — Т. 7. — № 4. — URL: <https://kostumologiya.ru/PDF/10TLKL422.pdf>

For citation:

Antonova M.V., Parsanov A.S., Krasina I.V. Impact study ultrasonic treatment on tissue properties. *Journal of Clothing Science*, 4(7): 10TLKL422. Available at: <https://kostumologiya.ru/PDF/10TLKL422.pdf>. (In Russ., abstract in Eng.).

УДК 677

ГРНТИ 64.29.23

Антонова Марина Владимировна

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», Казань, Россия
Доцент кафедры «Технология химических и натуральных волокон и изделий»
Кандидат технических наук, доцент
E-mail: marisha.10@list.ru
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=756399

Парсанов Александр Сергеевич

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», Казань, Россия
Доцент кафедры «Технология химических и натуральных волокон и изделий»
Кандидат технических наук, доцент
E-mail: parsanov1982@yandex.ru
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=798098

Красина Ирина Владимировна

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», Казань, Россия
Заведующий кафедрой «Технология химических и натуральных волокон и изделий»
Доктор технических наук, доцент
E-mail: irina_krasina@mail.ru
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=168091

**Исследование влияния
ультразвуковой обработки на свойства тканей**

Аннотация. В статье дается краткий обзор применения энергии ультразвука в технологических процессах текстильной промышленности, а также рассматриваются способы придания антистатических свойств текстильным материалам. Даны определения понятий электризуемость, антистатические свойства, плотность электрического заряда. Обосновано применение ультразвуковой обработки тканей в технологических процессах отделки текстильных материалов. Объектами исследования выступают образцы бязи суровой и гладкокрашеной с вложением синтетических волокон, средство для снятия статического электричества на основе катиоактивного поверхностно-активного вещества. Изучены антистатические свойства тканей, активированных волновым колебанием, инициированным ультразвуковым излучателем. Исследования проведены по стандартным методикам. Изучены напряженность электростатического поля образцов на приборе СТ-01, рассчитана плотность электрического заряда по значениям напряженности. Исследована сохранность антистатического эффекта во времени, а также после проведения отделочных операций на

суровой ткани. Авторами отмечено, что образцы тканей, обработанные ультразвуком и антистатиком, имеют плотность заряда на их поверхности до 45 % ниже, по сравнению с необработанными образцами. Кроме того, в работе исследовано влияние ультразвука на процесс крашения тканей с вложением синтетических волокон. Отмечено положительное влияние указанной обработки на процесс диффузии красителя вглубь ткани. Таким образом, экспериментально установлено, что ультразвуковая обработка тканей, способствует интенсификации процессов крашения, за счет удаления технологических примесей с поверхности материала. Повторная ультразвуковая обработка текстильного материала, после проведения процессов крашения приводит к снижению напряженности электростатического поля, и к уменьшению плотности электрического заряда на их поверхности.

Ключевые слова: бязь гладкокрашенная; поверхностно-активные вещества; антистатические свойства; ультразвук

Введение

Электризуемость — это способность материалов накапливать на своей поверхности статическое электричество. В процессе производства текстильных материалов, а также при изготовлении изделий на их основе, непременно происходит накопление зарядов, и как следствие электризация выпускаемой продукции. На величину заряда, накопленного на текстильном материале, существенное значение оказывает природа волокон, из которых изготовлен сам материал. При производстве тканей с вложением синтетических волокон, последние могут оказывать значительное влияние на их электризуемость.

Накопление статического заряда на поверхности текстильных материалов может негативно сказываться на здоровье человека во время эксплуатации изделий. Последствия воздействия электрического тока на человека представлены в таблице 1.

Таблица 1

Влияние электрического тока на жизнь и здоровье человека

| Характер воздействия | Последствия |
|--|--|
| Прохождение электрического тока через тело человека | Первичные травмы — ожоги и возгорания, остановка сердца. Вторичные травмы — ушибы и травмы при падении. |
| Длительное воздействие на организм слабых токов разрядки | Расстройство нервной системы, ухудшение общего состояния человека. |
| Длительное пребывание во внешнем электростатическом поле | Функциональные нарушения нервной и сердечно — сосудистой систем |

Согласно некоторым исследованиям, наибольшую величину электростатического заряда имеют ткани из шерсти и ацетатного шелка [1].

Синтетические волокна лучше удерживают электростатические заряды, потому что они обладают очень низкой проводимостью и низкой гигроскопичностью, поэтому эти заряды не будут рассеиваться (или, точнее, распространяться) в ткани, и их эффект будет более заметным.

Большинство натуральных волокон, хотя им также присуща низкая проводимость, обладают гораздо более высокой гигроскопичностью, чем синтетические волокна, то есть они способны поглощать влагу из окружающего воздуха. Молекулы воды в волокне увеличивают свою проводимость, и, если на поверхности волокна создаются электростатические заряды, они будут распространяться как внутри волокна, так и на его поверхности, и, в конечном итоге, в остальной части ткани.

Поскольку электростатические заряды распространяются внутри и поперек ткани, плотность электростатических зарядов на поверхности становится ниже, фактически настолько ниже, что их воздействие быстро становится незаметным.

Применение синтетических волокон для производства материалов привело к разработкам антистатических препаратов, способствующих снижению электризуемости тканей [2–7].

Антистатические свойства могут придаваться тканям различными методами (химическими, физическими и т. д.) и на разных стадиях производства: на стадии подготовки суровых тканей, на стадии отделки, в процессе придания специальных свойств. Чтобы снизить уровень статического электричества на ткани, ее обрабатывают специальными веществами — антистатическими препаратами. Данные препараты могут производиться на основе различного вида ПАВ, от свойств которых и зависит степень электризуемости обрабатываемого материала. Для придания таких свойств часто используют препараты на основе поверхностно -активных веществ (ПАВ), чаще всего, катионактивного действия. По полученным характеристикам, образцы, обработанные ПАВ в суровье, могут отличаться от образцов, обработанных в готовом виде.

Современным методом модификации материалов, в том числе и текстильных, является ультразвуковая обработка, применяемая в основном, в жидкостных процессах. Данный метод основан на колебаниях ультразвуковых волн, распространяющихся внутри технологических растворов.

Применение энергии ультразвука в настоящее время имеет широкое распространение в текстильной промышленности, так как позволяет снизить себестоимость антистатической обработки без ухудшения качества ткани.

Обзор научных исследований в области применения новых технологий в текстильной промышленности показал, что наиболее успешно ультразвук в текстильной промышленности применяется для интенсификации процессов мойки шерсти, промывки хлопчатобумажных тканей, интенсификации моющего действия растворов при стирке тканей, загрязненных пигментно-масляными веществами и др. [8–11].

Применение ультразвуковых методов модификации, может найти широкое применение во многих отраслях легкой промышленности. Так на ткацких и трикотажных фабриках применение ультразвука, в процессах отделки, может способствовать очистки волокон от примесей, а также интенсификации красильных процессов. Применение ультразвуковой модификации в отмочно-моющих процессах производства меха, может привести к экономии химических материалов и технической воды [11].

Преимущество ультразвуковой модификации процессов, перед другими физическими методами, заключается в ее высокой производительности при малой затрате физического труда.

Такая обработка экологически чистая и не приводит к изменению химического состава обрабатываемого материала. Поэтому поиск области применения ультразвуковых колебаний является актуальным вопросом для текстильной отрасли. Однако, данных по исследованию возможности применения ультразвука для придания антистатических свойств текстильным материалам недостаточно.

Цель данной работы — изучение влияния ультразвуковой обработки на способность текстильных материалов противостоять накоплению статического электричества на их поверхности.

Методы

В качестве объектов исследования выбраны: образец № 1 — бязь суровая, переплетение полотняное, состав: 65 % — полиэстер, 35 % — хлопок, плотность 120 г/м²; образец № 2 — бязь гладкокрашенная, переплетение полотняное, состав: 65 % — полиэстер, 35 % — хлопок, плотность 120 г/м².

Для придания антистатических свойств, ткани обрабатывались средством для снятия статического электричества на основе катионактивного ПАВ, в концентрации предусмотренной инструкцией по его применению.

В работе для лучшего проникновения ПАВ вглубь волокон использована ультразвуковая обработка тканей (УЗ). Метод предусматривает погружение образцов тканей в емкость с дистиллированной водой и ПАВ при температуре 30 ±1°С с ультразвуковым излучателем с частотой 104–106 Гц. Время воздействия УЗ волн принималось от 20 до 60 минут.

Для исследования измерений напряженности электростатического поля текстильных материалов проводили испытания по ГОСТ 32995-2014 «Материалы текстильные. Методика измерения напряженности электростатического поля».

В данной работе используется измеритель напряженности электростатического поля СТ-01, производство Россия. Измеритель СТ-01 предназначен для измерений напряженности электростатического поля при обеспечении контроля опасных уровней электростатических полей. Для измерения напряженности электростатического поля текстильных материалов в измеритель включен специальный модуль (рис. 1).



Рисунок 1. Измеритель СТ-01 в подготовленном для испытания виде

Напряженность электростатического поля на поверхности образца E , кВ/м, вычисляли по формуле 1:

$$E = E_v - E_p, \quad (1)$$

где E_v — максимальное значение напряженности электростатического поля после воздействия на образец валиком, кВ/м; E_p — максимальное значение напряженности электростатического поля в покое, кВ/м [4].

На основе данных по напряженности электростатического поля текстильных материалов определяли плотность заряда δ , Кл/м² по формуле 2:

$$\delta = \epsilon_0 \times E, \quad (2)$$

где σ — поверхностная плотность заряда, (Кл/м²); E — напряженность электростатического поля, кВ/м; ϵ_0 — электрическая постоянная, $8.85 \cdot 10^{-12}$ (Кл/Вм).

Поверхностная плотность заряда — это отношение заряда к площади заряженной поверхности.

Результаты

Чтобы провести анализ действия УЗ-волн на антистатические свойства смесовых тканей, проведена их пропитка только в растворе ПАВ, а также пропитка при одновременном воздействии ультразвуковых волн. Пропитка образцов в растворе ПАВ проводилась в течение 60 минут. Пропитка с УЗ обработкой проводилась при температуре 30°C, время воздействия составляло 30 и 60 минут. Варьирование времени воздействия УЗ волнами проводилось с целью выявления оптимально достаточного времени обработки. Сравнивались показания напряженности электростатического поля испытуемых и контрольных образцов. Показания необработанных образцов тканей и полученные в ходе исследования результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2

Напряженность электростатического поля на поверхности текстильных материалов

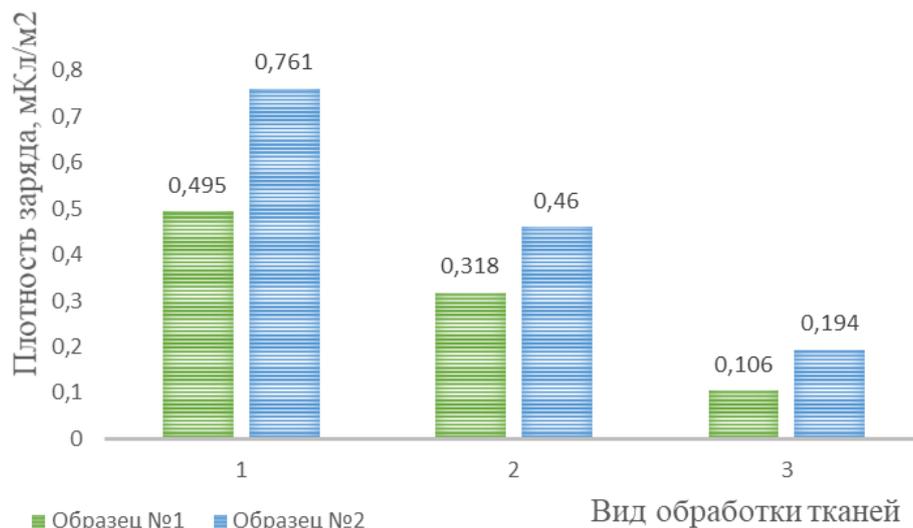
| № | Образцы тканей | E, кВ/м | |
|---|--|----------------|----------------|
| | | Образец № 1 | Образец № 2 |
| 1 | Исходные | 0,056 | 0,086 |
| 2 | Обработанные ПАВ | 0,036 | 0,052 |
| 3 | Обработанные ПАВ и УЗ: | | |
| | В течение 30 мин. В течение 60 мин. | 0,012 0,011 | 0,022 0,022 |

Анализ данных таблицы 2, позволяет сделать вывод, что у образцов, обработанных дополнительно ультразвуком, показатели напряженности электрического поля ниже. Возможно, обработка ультразвуком позволяет удалить из состава волокон загрязнения, препятствующие проникновению антистатика вглубь волокон.

Низкий показатель напряженности электростатического поля наблюдается у материалов в суровом виде, обработанных ПАВ и УЗ в течение 30 минут. При воздействии ультразвуковыми волнами в растворе антистатика в течение 60 минут также наблюдаются низкие значения напряженности. По предварительным исследованиям выявлено, что обработку ультразвуком достаточно проводить в течение 30 минут, так как увеличение времени обработки до 60 минут не существенно изменяет контролируемые показатели. У гладкокрашенных материалов также наблюдается снижение показателя напряженности.

Согласно ГОСТ 32995-2014, предельно допустимый уровень напряженности электростатического поля на поверхности текстильных материалов и изделий из них не должен превышать 15 кВ/м. Полученные значения напряженности удовлетворяют этим требованиям.

По значениям напряженности электростатического поля вычисляли плотность заряда, по которому можно оценить способность ткани электризоваться. Результаты вычислений представлены на рисунке 2.



1 исходные; 2 — обработанные ПАВ; 3 — обработанные ПАВ и УЗ в течение 30 мин

Рисунок 2. Плотность заряда образцов тканей после их обработки

Данные рисунка 2 показывают, что наблюдается уменьшение плотности заряда на поверхности обработанных УЗ материалов. Чем меньше плотность заряда, тем меньше электризуется материал. Следовательно, обработка тканей УЗ волнами совместно с антистатическим препаратом способствует снижению электризуемости смесовых тканей, как в суровом, так и в крашеном виде.

Чтобы оценить сохранность полученного эффекта во времени, в работе оценивались показатели напряженности и плотности заряда по истечении некоторого времени. Замеры показателя напряженности производились сразу после обработки образцов ПАВ и УЗ, через день и через неделю. Данные экспериментов приведены на рисунке 3.

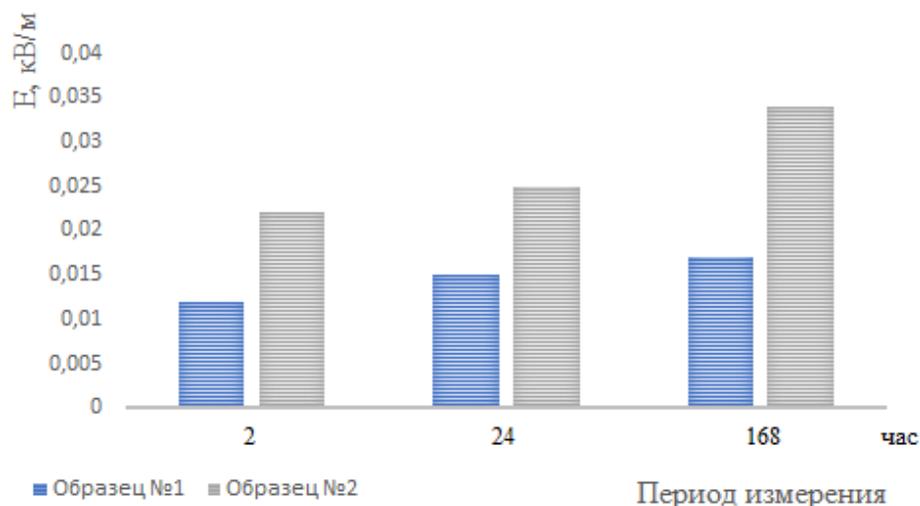


Рисунок 3. Изменение напряженности электростатического поля образцов тканей с течением времени

Как видно из рисунка 3, с течением времени антистатический эффект на образцах несколько снижается. Однако, у образцов, обработанных ультразвуком в течение 30 минут, показатель напряженности электростатического поля возрастает незначительно.

Гладкокрашенная ткань сохраняет свои антистатические свойства наравне с суровой. Следовательно, обработку ультразвуком можно рекомендовать и для крашенных и для суровых тканей. Так как напряженность электрического поля с течением времени несколько увеличивается, то плотность электрического заряда также увеличится незначительно.

Так как в исследовании рассматривалась бязь суровая, то необходимо рассмотреть влияние УЗ обработки на дальнейшие процессы, в частности крашение, и на сохранность антистатических свойств после процесса крашения. Для этого образцы суровой ткани обрабатывались в ванне с УЗ и ПАВ в течение 30 мин, затем проводили крашение. Контрольным служил образец, окрашенный без обработки ПАВ и УЗ.

Крашение смесовых и однокомпонентных текстильных материалов производится, как правило, синтетическими красителями. Они обеспечивают сочную, глубокую и прочную окраску, не снижая при этом свойств волокон.

Крашение образцов тканей проводилось в одинаковых условиях, прямым красителем, по стандартной технологии. После проведения процесса крашения визуально оценивалась степень окрашивания материала, и измерялись показатели напряженности. Образец суровой ткани, обработанный ультразвуком и антистатиком, имеет равномерный окрас по всей площади образца, пятен и разводов нет, цвет насыщенный. Контрольный образец имеет на поверхности пятна, окрас менее насыщенный (рис. 4).



Исходный



Образец, обработанный в УЗ + антистатик 30 минут

Рисунок 4. Фото образцов после проведения процесса крашения

Процесс крашения состоит из трех фаз. Первая фаза — это адсорбция, когда часть молекул или ионов красителя адсорбируется на внешней поверхности текстильных волокон. Фаза адсорбции начинается сразу после погружения текстильного материала в раствор красителя. Вторая фаза — это диффузия, когда краситель начинает медленно распространяться внутрь волокон. И третья фаза — это фиксация красителя на внутренней поверхности волокон.

Крашение текстильных материалов является сложным процессом, и зависит от целого ряда факторов, которые могут негативно сказываться на качестве крашения. Одним из таких факторов являются примеси и загрязнения, не удаленные во время подготовительных операций.

В процессе УЗ обработки под воздействием волновых колебаний происходит очистка ткани от примесей, препятствующих проникновению красителя вглубь волокна. Выбираемость красителя из ванны повышается, вследствие чего окрашивание ткани становится равномерным, цвет насыщенным.

После процесса крашения производились замеры электростатической напряженности образцов, и рассчитывалась плотность электрического заряда. Данные по экспериментам представлены в таблице 3.

Таблица 3

Показатели напряженности электростатического поля и плотности заряда образцов до и после крашения

| Образцы | E, кВ/м | | δ , мКл/м ² | |
|-----------------------|---------|-------|-------------------------------|-------|
| | До | После | До | После |
| Контрольные | 0,056 | 0,196 | 0,495 | 1,735 |
| Обработанные УЗ и ПАВ | 0,012 | 0,309 | 0,106 | 2,735 |

По данным таблицы 3 можно говорить о том, что при проведении процесса крашения произошло вымывание антистатических препаратов из структуры ткани, и ее электризуемость повысилась.

Таким образом, выявлено, что перед процессом крашения рекомендуется проводить УЗ обработку, так как она способствует лучшей диффузии красителя в волокна ткани. Однако, антистатические свойства тканей после проведения жидкостных процессов крашения не сохраняются.

В связи с этим принято решение повторной УЗ обработки исследуемых образцов, после процесса крашения. Результаты эксперимента сопоставимы с данными приведенными на рисунке 2.

Таким образом, в ходе проведенных исследований можно сделать вывод, о том, что первичная УЗ обработка тканей, способствует интенсификации процессов крашения, за счет удаления технологических примесей с поверхности материала. Повторная УЗ обработка текстильного материала, после проведения жидкостных процессов крашения приводит к уменьшению напряженности электростатического поля, а, следовательно, и к снижению плотности электрического заряда.

Выводы

В ходе работы изучено влияние ультразвуковой обработки на способность текстильных материалов противостоять накоплению статического электричества на их поверхности. Выявлено, что совместная обработка суровых тканей антистатическим препаратом и активацией в УЗ диапазоне способствует снижению плотности заряда на их поверхности до 45 %, по сравнению с необработанными образцами.

Установлено, что обработку УЗ и ПАВ целесообразно проводить для придания антистатических свойств крашеным тканям, так как на суровых тканях антистатический эффект не сохраняется при последующих обработках. Однако УЗ способствует качественной подготовке суровых тканей к процессу крашения: волокна ткани очищаются от примесей и жировых включений, препятствующих проникновению молекул красителя внутрь волокна.

Таким образом, применение ультразвука в технологии отделки текстильных материалов перспективно и заслуживает внимания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Монаенкова, В.И. Сравнительная оценка электризуемости тканей / В.И. Монаенкова, М.И. Сухарев, А.М. Челышев // Известия высших учебных заведений легкой промышленности. — 1972. — № 4. — С. 28–30.
2. Jiang, W. & Ma, J. & Zhu, L. & Qi, B. (2016). Development and application of alkyl phosphate fabric finishing agent for polyol. 44. 47–50. https://www.researchgate.net/publication/298640615_Development_and_application_of_alkyl_phosphate_fabric_finishing_agent_for_polyol/citation/download.
3. Hong, X. & Xiu-Ming, C. & Hai-Jun, Y. & Mei-Wu, S. (2010). Antistatic properties and dust adsorbing of the wool/polyester blended fabric. 38. 1–6. https://www.researchgate.net/publication/292175682_Antistatic_properties_and_dust_adsorbing_of_the_woolpolyester_blended_fabric.
4. Hyun, Ah Kim & Seung Jin Kim (2019) Flame retardant, anti-static and wear comfort properties of modacrylic/Excel®/anti-static PET blend yarns and their knitted fabrics, The Journal of The Textile Institute, 110: 9, 1318–1328, DOI: 10.1080/00405000.2019.1565626.
5. Jin Ho Kim, Jae Mok Jung, Tamanna Sultana, Jun Young Kwak, Tae kyounghwang & Kwon Taek Lim (2010) Fabrication of Anti-Static Carbon Nanotube Film on Polyethylene Naphthalate, Molecular Crystals and Liquid Crystals, 532: 1,83/[499]–90/[506], DOI: 10.1080/15421406.2010.497123.
6. Садыков, Н.Б. Новый антистатик для стекловолокон и ароматических полиэфиров и технология его синтеза / Н.Б. Садыков, А.А. Исламутдинова // Башкирский химический журнал. — 2006. — Том 13. — № 2 — С. 56–57. <file:///C:/Users/KNITU2017/Desktop/novyy-antistatik-dlya-steklovolokon-i-aromaticheskikh-poliefirov-i-tehnologiya-ego-sinteza.pdf>.
7. Анисович, А.Г. Морфология поверхности, магниторезонансные и антистатические свойства ткани 07С11-КВ с покрытием из нержавеющей стали / А.Г. Анисович, И.П. Акула, В.Г. Залесский, М.И. Маркевич, В. Ф. Стельмах, Н.М. Чекан // Литье и металлургия. 2020. No 1. С. 87–92. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2020-1-87-92>.
8. Сергеев, К.В. Снижение неровноты по линейной плотности и упрочнения льняной пряжи с помощью применения ультразвуковых колебаний в процессе мокрого прядения льна / К.В. Сергеев, В.И. Жуков // Технология текстильной промышленности: Научно-технический журнал. — Иваново: Изд-во Ивановской гос. текстильной академии. — 2012. — С. 61–64. https://ttp.ivgpu.com/wp-content/uploads/2015/10/340_15.pdf.
9. Кошелева, М.К. Исследование процесса промывки хлопчатобумажных тканей при разных скоростях фильтрации промывного раствора / М.К. Кошелева, А.А. Булекова, К.В. Евсеева, А.А. Паршин // Успехи в химии и химической технологии. — 2006, — т. XX, — № 10(68), — С. 67–69.
10. Мунтян В.А. Перспективы использования гидродинамических излучателей для создания акустических и ультразвуковых колебаний в процессах мойки шерсти // Изд-во Таврийского агротехнологического университета. — 2009. — С. 103–110.
11. Абиев, Р.Ш. Интенсификация моющего действия при использовании ультразвука: обзор методов и модель удаления загрязнений. Процессы и аппараты / Р.Ш. Абиев, В.С. Давыдов, Ю.В. Гурихина, В.М. Барабаш // Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института: Изд-во СПбГТИ (ТУ). — 2012. — № 60(86). С. 112.

Antonova Marina Vladimirovna

Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia
E-mail: marisha.10@list.ru
RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=756399

Parsanov Alexander Sergeevich

Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia
E-mail: parsanov1982@yandex.ru
RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=798098

Krasina Irina Vladimirovna

Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia
E-mail: irina_krasina@mail.ru
RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=168091

Impact study ultrasonic treatment on tissue properties

Abstract. The article gives a brief overview of the use of ultrasound energy in the technological processes of the textile industry, and also discusses ways to impart antistatic properties to textile materials. Definitions of the concepts electrizability, antistatic properties, electric charge density are given. The use of ultrasonic processing of fabrics in the technological processes of finishing textile materials is substantiated. The objects of study are samples of coarse and plain calico with synthetic fibers, a means for removing static electricity based on a cationic surfactant. The antistatic properties of tissues activated by wave vibration initiated by an ultrasonic emitter have been studied. The studies were carried out according to standard methods. The intensity of the electrostatic field of the samples on the ST-01 device was studied, the density of the electric charge was calculated from the values of the intensity. The preservation of the antistatic effect over time, as well as after finishing operations on gray fabric, was studied. The authors noted that tissue samples treated with ultrasound and an antistatic agent have a charge density on their surface up to 45 % lower compared to untreated samples. In addition, the work investigated the effect of ultrasound on the process of dyeing fabrics with the insertion of synthetic fibers. The positive effect of this treatment on the process of dye diffusion deep into the tissue was noted. Thus, it has been experimentally established that ultrasonic treatment of tissues contributes to the intensification of dyeing processes, due to the removal of technological impurities from the surface of the material. Repeated ultrasonic processing of textile material, after the dyeing process, leads to a decrease in the strength of the electrostatic field, and to a decrease in the density of the electric charge on their surface.

Keywords: plain dyed calico; surfactants; antistatic properties; ultrasound