

УДК 677.017.855
DOI 10.47367/0021-3497_2024_1_54

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МНОГОКРАТНЫХ СТИРОК
НА АНТИСТАТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТКАНЕЙ ДЛЯ СПЕЦОДЕЖДЫ***

**RESEARCH OF REPEATED WASHING INFLUENCE
ON THE ANTISTATIC PROPERTIES OF FABRICS FOR WORKWEAR**

В.Г. МАРЧЕНКО, Д.Б. РЫКЛИН

V.G. MARCHENKO, D.B. RYKLIN

(Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь)

(Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus)

E-mail: veronika1300@mail.ru, ryklin-db@mail.ru

Цель работы заключается в установлении зависимости удельного поверхностного электрического сопротивления тканей специального назначения от количества циклов стирок. В результате проведенных исследований

*Статья подготовлена по материалам доклада Международной научно-технической конференции «Инновации в текстиле, одежде, обуви (ICTAI-2023)», которая состоялась 9-10 ноября 2023 года в учреждении образования «Витебский государственный технологический университет» (Республика Беларусь).

определено влияние стирок на изменение удельного поверхностного сопротивления тканей, содержащих стальное волокно Bekinox. Установлено, что до пятой стирки изменение данного показателя является статистически незначимым. Получены регрессионные модели, описывающие зависимость удельного поверхностного электрического сопротивления исследуемых тканей от количества стирок. Установлено, что значение данного показателя для двух образцов антистатических тканей постепенно повышается с увеличением количества циклов стирок. Прогнозируется, что и после 50 стирок исследуемые ткани соответствуют требованиям, предъявляемым к антистатическим текстильным материалам. В результате исследований фотографии срезов тканей установлено, что структура ткани образцов стабильна. В качестве возможных причин снижения антистатических свойств тканей можно выделить потерю и коррозию стальных волокон в процессе стирок, а также повышение ворсистости пряжи.

The purpose of the work is to establish the dependence of the specific surface electrical resistance of special-purpose fabrics on the number of washing cycles. As a result of the research, the effect of washing on the change in the specific surface resistance of fabrics containing Bekinox steel fiber was determined. It was found that until the fifth wash, the change in this indicator is statistically insignificant. Regression models were obtained that describe the dependence of the specific surface electrical resistance of the fabrics under study on the number of washes. It was found that the value of this indicator for two samples of antistatic fabrics gradually increases with an increase in the number of washing cycles. It can be predicted that even after 50 washes, the fabrics under study meet the requirements for antistatic textile materials. As a result of studies of tissue sections photographs, it was found that the tissue structure of the samples is stable. Possible reasons for the decrease in the antistatic properties of fabrics include the loss and corrosion of steel fibers during washing, as well as an increase in yarn hairiness.

Ключевые слова: антистатические свойства, многократные стирки, удельное поверхностное электрическое сопротивление, регрессионные модели, структура тканей.

Keywords: antistatic properties, repeated washing, specific surface electrical resistance, regression models, fabric structure.

Введение

Традиционные текстильные материалы способны накапливать статическое электричество, которое может стать причиной взрыва, воспламенения на предприятиях ряда отраслей, нарушить работу электронного оборудования и пр. Для защиты работающих от опасного и вредного воздействия статического электричества применяют средства индивидуальной защиты, к которым относят специальную антиэлектростатическую одежду. В литературе отмечается,

что существует два основных способа снятия статического электричества со спецодежды [1]:

- распределение заряда с места скопления по площади всей ткани и обеспечение его стекания;
- нейтрализация (гашение) заряда.

Первое обеспечивается тканями с металлическими (Bekinox) нитями, нитями с металлизированным (R.Stat/S) или углеродным (Resistat) покрытием. Второе происходит за счет наличия в структуре ткани угле-

родосодержащих нитей Nega-Stat, которые нейтрализуют заряд путем его индукции и воздушной ионизации [1].

Требования к спецодежде для защиты от статического электричества приведены в ГОСТ 12.4.124-83. В соответствии с этим стандартом удельное поверхностное электрическое сопротивление для материалов, применяемых для спецодежды, не должно превышать 10^7 Ом.

В результате эксплуатации спецодежда подвергается различным видам загрязнения. Стирка, чистка – неперенные условия пользования спецодеждой, так как они способствуют сохранению и удлинению сроков ее использования. Соблюдение специально разработанных рекомендаций по стирке, чистке и сушке позволяет сохранять защитные свойства спецодежды [2]. Однако в большинстве работ, посвященных исследованию влияния стирок на эксплуатационные свойства тканей специального назначения, оцениваются только основные показатели, такие как усадка, прочность, стойкость к истиранию, устойчивость окраски и т.д. Ряд работ посвящен изучению изменения свойств тканей, определяющих их функциональное назначение.

В работе [3] исследовались воздухопроницаемость, водопоглощение, маслопоглощение тканей специального назначения для защиты от общих производственных загрязнений. Ткани подвергали 50 стиркам по стандартной методике. В процессе стирки происходит вымывание пропитки, а также волокон пряжи, поэтому воздухопроницаемость тканей увеличивается. После многократных стирок происходит увеличение поглощения масла и водопоглощения.

Влияние многократных стирок на свойства текстильных материалов для одежды работников авторемонтных предприятий отражено в работе [4]. В данной работе исследована кинетика изменения физико-механических свойств тканей для рабочей одежды в процессе многократных воздействий "замачивание – стирка – сушка – глажение". Количество циклов испытаний также составило 50. После стирок определялись такие показатели, как разрывная нагрузка, масло-

отталкивание, стойкость к проколу, воздухопроницаемость, стойкость к истиранию, изменение линейных размеров. С увеличением количества стирок снижается разрывная нагрузка, маслоотталкивание, а также ухудшается стойкость к истиранию. Несмотря на это все ткани достаточно хорошо проявляют стойкость к проколам. С увеличением количества стирок растет воздухопроницаемость всех образцов. В процессе эксплуатации под воздействием изнашивающих факторов увеличивается пористость текстильных материалов, кроме того, при стирках происходит разрушение и вымывание волокон, утрачиваются защитные пропитки. У всех образцов тканей наблюдается уменьшение линейных размеров после стирок (усадка).

В работе [5] исследовано поведение тканей и трикотажных полотен во время их стирки. В процессе испытаний шести различных текстильных материалов оценивалось влияние условий стирки и химических жидких смягчителей на механические свойства текстильных материалов. Определено влияние температуры стирки на изменение массы и толщины материалов, а также на их гибкость. Установлено, что с увеличением температуры стирки увеличивается масса и толщина всех испытуемых образцов. Повышение температуры влияет также на снижение эластичности текстильных материалов, а обработка их смягчителем немного увеличивает гибкость.

Результаты исследований влияния многократных стирок на антистатические свойства тканей для спецодежды также описаны в ряде источников. Так, в работе [6] исследовалось влияние многократных стирок на антистатические свойства тканей и трикотажных полотен с содержанием электропроводящих компонентов. Для образцов определялись удельное поверхностное электрическое сопротивление и эффективность экранирования до стирок и после пяти циклов стирки. Стирка и сушка проводились по стандарту EN ISO 6330: 2002. В результате проведенных исследований установлено, что испытанные ткани соответствуют требованиям стандарта EN 1149-5, однако удель-

ное поверхностное электрическое сопротивление заметно снижается после пяти циклов стирки. Такая разница в значениях объясняется возможной потерей волокон из нержавеющей стали после стирок.

В то же время чаще всего специальная одежда подвергается значительно большему количеству циклов стирок, чем нормируемое значение. Исходя из этого существенный интерес представляет исследование характера изменения антистатических свойств тканей после стирок, превышающих пятикратное количество циклов. На полученные результаты может влиять вид отделки и расположение антистатических нитей, что также является предметом для изучения.

Объекты и методы исследования

В качестве объекта исследования в данной работе выбраны ткани производства ОАО «Моготекс», содержащие пряжу с вложением 10 % волокна Bekinox. Данный

вид сырья представляет собой штапельное волокно из нержавеющей стали, благодаря чему скорость распределения и стекания заряда с поверхности содержащей его ткани значительно превышает значения соответствующих показателей аналогов. Ткани с вложением стальных волокон имеют удельное сопротивление в диапазоне $10 \dots 10^5$ Ом, что характеризует такие ткани как антистатические. Исследования показали, что требуемый уровень антистатических свойств тканей достигается при содержании в них 0,2 % стального волокна в том случае, если антистатические нити сочетаются с пряжей из синтетических волокон. При вложении натуральных волокон содержание стальных волокон может быть еще снижено [7].

В исследуемых образцах ткани антистатические нити располагались по основе и по утку с шагом 10 мм. Характеристика испытуемых образцов представлена в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Артикул	Поверхностная плотность, г/дм ³	Переплетение	Состав без учета антистатической нити	Вид отделки
06С27-КВ	263	Саржа 2/2	Хлопок –74%; полиэфирное волокно – 26%	Масловодоотталкивающая отделка
14С5-КВ	271	Саржа 3/1	Хлопок – 42 %; полиэфирное волокно – 58 %	Нефтемасловодоотталкивающая отделка

Устойчивость защитных свойств материалов к мокрым обработкам (стиркам) определяется по ГОСТ 11209-2014. Многократные стирки проводились в стиральной машине автоматической бытовой с горизонтальным расположением барабана. Для проведения испытания использовался стиральный порошок универсальный без отбеливателей, энзимов, усилителей, отдушек, антистатических и других дополнительных веществ торговой марки Чистаун Organic.

Режимы мокрой обработки приведены в табл. 2.

Глажение образцов проводилось непосредственно после отжима при использовании электрического утюга. Температура глажения ткани соответствовала виду используемого сырьевого состава. Далее образцы высушивались в сушильном шкафу и выдерживались в нормальных условиях.

Т а б л и ц а 2

Этап обработки	Режим обработки
СТИРКА: – время стирки, мин – температура, °С – модуль ванны	30 60±3 1:30
ПОЛОСКАНИЕ: – количество циклов	5
ОТЖИМ: – время отжима, мин – скорость вращения, об/мин	5 500

Удельное поверхностное электрическое сопротивление образцов тканей определяется по ГОСТ 19616-74. Данный показатель определялся с помощью прибора ИЭСТП-2. Образцы испытывались до стирок, с первой по десятую стирку после каждой, а также после 15-й и после 20-й стирки.

Результаты и обсуждения

Установлено, что после 20 стирок образцы тканей имеют низкое значение удельного поверхностного электрического сопротивления, что позволяет считать их антистатическими.

По полученным результатам построены следующие регрессионные модели:

- для образца 06С27-КВ:

$$Y = 38309 \sqrt{1 + 0,44n},$$

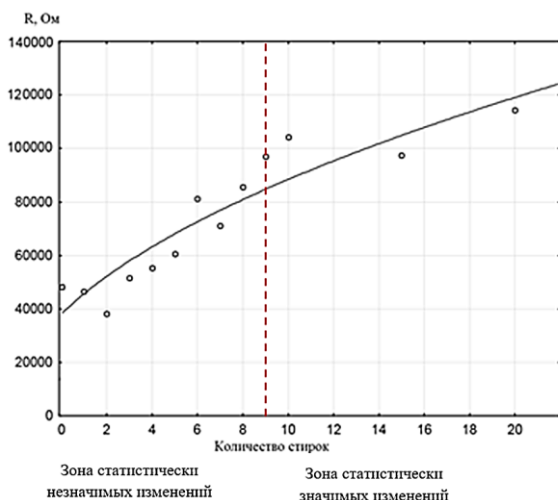


Рис. 1

Следует отметить, что в международном стандарте ГОСТ EN 1149-1-2018 «Одежда специальная защитная. Электростатические свойства. Часть 1. Метод испытания для измерения удельного поверхностного сопротивления» указывается на то, что применяемый метод дает расхождение результатов измерений между разными испытательными лабораториями вплоть до 10 раз, то есть до одного порядка.

Существенная вариативность исследуемого показателя подтвердилась и при проведении данного исследования. При испытании проб тканей разброс получаемых значений оказался значительным, максимальное значение показателя в некоторых случаях превышает минимальное в 5-8 раз.

Для корректной интерпретации полученных результатов проведена оценка значимости установленных различий исследуемого показателя между стирками. На основе применения критерия Манна-Уитни

- для образца 14С5-КВ:

$$Y = 34205 \sqrt{1 + 0,3n},$$

где n – количество стирок.

Коэффициент детерминации R^2 регрессионных моделей составил для образца 06С27-КВ – 0,86, для образца 14С5-КВ – 0,92, что свидетельствует об их адекватности.

По полученным моделям построены графические зависимости (рис. 1 и 2).

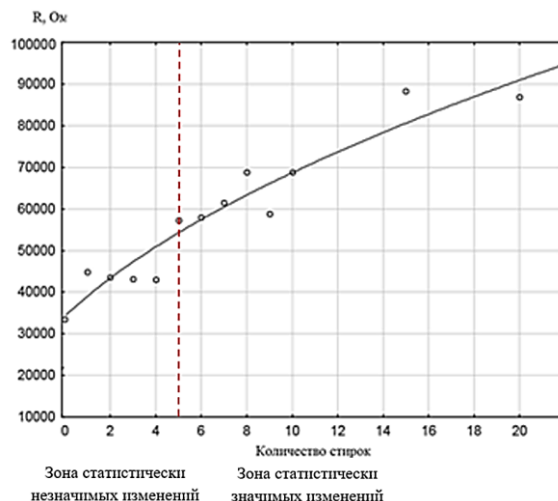


Рис. 2

определено, что различия удельного поверхностного электрического сопротивления между стирками оказались статистически незначимыми. Однако происходит накопление незначительных изменений в свойствах тканей после стирок, в результате которого установленные изменения становятся значимыми [8]. На рис. 1 и 2 пунктиром отмечен момент, где зона статистически незначимых изменений сменяется зоной статистически значимых изменений. Для образца 06С27-КВ различия становятся статистически значимыми после 9-й стирки ($U_9 = 92,5$), а для образца 14С5-КВ – после 5-й стирки ($U_5 = 91$). Данные изменения не являются случайными, так как после следующих стирок значение U-критерия остается в зоне ниже критического значения $U_{кр} = 127$.

Из графиков можно заметить постепенное увеличение удельного поверхностного электрического сопротивления с увеличе-

нием числа стирок, что говорит о том, что антистатические свойства несколько снижаются. В соответствии с ГОСТ 11209-2014 испытание защитных свойств проводят после пятикратной стирки. Таким образом, все образцы соответствуют нормируемому значению данного показателя даже после стирок, количество которых превышает стандартизированное значение, то есть исследуемые ткани обладают высокими антистатическими свойствами.

Согласно полученным моделям антистатические свойства тканей будут снижаться и далее, однако скорость их изменения будет постепенно уменьшаться. Полученные регрессионные модели могут быть использованы для прогнозирования изменения удельного поверхностного сопротивления исследованных тканей при последующих стирках. В работе [3] количество стирок принималось равным 50 в соответствии с нормами выдачи специальной одежды.



Рис. 3



Рис. 4

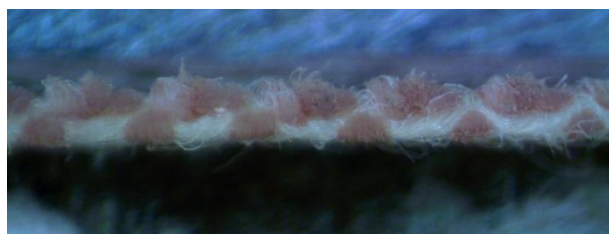


Рис. 5



Рис. 6

Проанализировав полученные фотографии срезов тканей, установили, что структура в обоих образцах остается стабильной даже после многократных стирок: порядок фазы строения соответствует IV порядку [9]. Однако стоит отметить, что после 20 стирок увеличивается ворсистость нитей как основы, так и утка. В качестве возможных причин снижения антистатических свойств тканей можно выделить потерю и коррозию стальных волокон в процессе стирок, а

С учетом погрешности полученных моделей и значительной вариативности показателей антистатических свойств тканей и при прогнозировании их изменения можно рекомендовать принимать запас в один порядок, то есть устанавливать более жесткое ограничение, согласно которому удельное поверхностное электрическое сопротивление не должно превышать 10^6 Ом.

На основании анализа полученных регрессионных моделей можно прогнозировать, что и после 50 стирок расчетное значение удельного поверхностного сопротивления исследованных тканей не превысит установленное ограничение.

Для определения причин снижения антистатических свойств тканей специального назначения проведены исследования структуры материалов до стирок и после 20 циклов. Для исследованных образцов с помощью микроскопа (увеличение в 55 раз) получены фотографии срезов ткани (рис. 3...6).

также уменьшение зоны контакта стальных волокон с электродами прибора ИЭСТП-2 из-за повышения ворсистости пряжи, что хорошо видно на полученных photographиях.

В Ы В О Д Ы

1. В результате проведенных исследований определено влияние стирок на изменение удельного поверхностного сопротивления тканей, содержащих стальное волокно

Векінох. Установлено, что до пятой стирки изменение данного показателя является статистически незначимым.

2. Получены регрессионные модели, описывающие зависимость удельного поверхностного электрического сопротивления исследуемых тканей от количества стирок. Установлено, что значение данного показателя для двух образцов антистатических тканей постепенно повышается с увеличением количества циклов стирок. Однако можно прогнозировать, что и после 50 стирок исследуемые ткани соответствуют требованиям, предъявляемым к антистатическим текстильным материалам.

3. В результате исследований фотографии срезов тканей установлено, что структура ткани образцов стабильна. В качестве возможных причин снижения антистатических свойств тканей можно выделить потерю и коррозию стальных волокон в процессе стирок, а также повышение ворсистости пряжи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кветковский Д.И., Тюшкевич Е.В., Чарковский А.Г. Разработка структуры и исследование свойств антистатических тканей с использованием углеродсодержащих комбинированных нитей // Материалы докладов 54-й Междунар. науч.-техн. конф. преподавателей и студентов. Витебск: ВГТУ, 2021. Т. 2. С. 206...208.
2. Чернышева Г.М., Давыдов А.Ф. Влияние стирок на свойства тканей для спецодежды работников нефтеперерабатывающих заводов // МНТФ «Первые Косыгинские чтения». 2017. Т. 2. С. 32...34.
3. Суккари А.Р., Курденкова А.В., Шустов Ю.С., Буланов Я.И. Оценка физических свойств тканей специального назначения для защиты от общих производственных загрязнений после многократных стирок // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2023. №2. С. 78...82.
4. Ефанов Е.Д., Шустов Ю.С. Влияние многократных стирок на физико-механические свойства текстильных материалов для работников авторемонтных предприятий // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2022. №3. С. 65...70.

5. Truncyte D., Daukantiene V., Gutauskas M. The influence of washing on fabric wearing properties // *Tekstil*. 2007. №8. P. 493...498.

6. Varnaitė S., Katunskis J. Influence of Washing on the Electric Charge Decay of Fabrics with Conductive Yarns // *Fibres & Textiles in Eastern Europe*. 2009. №5. P. 69...75.

7. Рыклин Д.Б., Кветковский Д.И. Определение влияния волокон Векінох на удельное поверхностное электрическое сопротивление тканей // Вестник Витебского государственного технологического университета. 2021. № 2. С. 73...80.

8. Марченко В.Г., Рыклин Д.Б. Оценка влияния стирок на антистатические свойства тканей для спецодежды // Вестник Витебского государственного технологического университета. 2023. №45. С. 17...26.

9. Мартынова А.А., Слостина Г.Л., Власова Н.А. Строение и проектирование тканей. М.: МГТА, 1999.

REFERENCES

1. Kvetkovsky D.I., Tyushkevich E.V., Charkovsky A.G. Development of the structure and study of the properties of antistatic fabrics using carbon-containing composite yarns // 54th International Scientific and Technical Conference of Teachers and Students. 2021. Vol. 2. P. 206...208.
2. Chernysheva G.M., Davidov A.F. Effect of washes on tissue properties for overall workers of oil refining plants // ISTF «First Kosygin Readings». 2017. Vol. 2. P. 32...34.
3. Sukkari A.R., Kurdenkova A.V., Shustov YU.S., Bulanov YA.I. Evaluation of fabrics for special purpose physical properties for protection against general industrial contamination after multiple washings // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2023. №2. P. 78...82.
4. Efanov E.D., Shustov YU.S. The influence of multiple washing on the change in the physical and mechanical properties of fabrics for workers of automotive repair plants // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2022. №3. P. 65...70.
5. Truncyte D., Daukantiene V., Gutauskas M. The influence of washing on fabric wearing properties // *Tekstil*. 2007. №8. P. 493...498.
6. Varnaitė S., Katunskis J. Influence of Washing on the Electric Charge Decay of Fabrics with Conductive Yarns // *FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe*. 2009. №5. P. 69...75.

7. *Ryklin D.B., Kvetkovsk, D.I.* Determination of the effect of Bekinox fibers on the fabrics specific surface electrical resistance // Vestnik of Vitebsk State University of Technology. 2021. № 2. P. 73...80.

8. *Marchenko V.G., Ryklin D.B.* Assessment of the influence of washing on the antistatic properties of fabrics for workwear // Vestnik of Vitebsk State University of Technology. 2023. №45. P. 17...26.

9. *Martynova A.A., Slostina G.L., Vlasova N.A.* Fabric construction and design. M: MGTA, 1999.

Рекомендована организационным комитетом Международной научно-технической конференции "Инновации в текстиле, одежде и обуви (ICTAI 2023)". Поступила 16.11.23.
