

УДК 677.017  
DOI 10.47367/0021-3497\_2024\_6\_140

**ОЦЕНКА КАЧЕСТВА МОДИФИЦИРОВАННЫХ ХЛОПЧАТОБУМАЖНЫХ  
ТКАНЕЙ ДЛЯ ОДЕЖДЫ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ  
ПО СТОЙКОСТИ К АГРЕССИВНЫМ СРЕДАМ**

**QUALITY ASSESSMENT OF MODIFIED COTTON FABRICS  
FOR SPECIAL-PURPOSE CLOTHING BY RESISTANCE  
TO AGGRESSIVE ENVIRONMENTS**

Э.А. ХАММАТОВА

E.A. KHAMMATOVA

(Казанский национальный исследовательский технологический университет)

(Kazan National Research Technological University)

E-mail: elm.kzn@mail.ru

*Рассматриваются вопросы, связанные с определением итогового уровня качества образцов наноструктурированных тканей для специальной одежды по эксплуатационным показателям качества после экспериментальных носок и стирок. Объектами исследования выбраны текстильные материалы с содержанием хлопковых волокон и волокон полиэстера. Исследование эксплуатационных показателей качества (стойкости к агрессивным средам – щелочи, кислоте, нефти, морской воде) проводили на контрольных и наноструктурированных образцах спецодежды. Наноструктурирование тканей специальной одежды осуществляли потоком «холодной» плазмы пониженного давления на полупромышленной плазменной установке периодического действия «ВАТТ 4000 ПТ ПЛАЗМА 3» при оптимальных параметрах воздействия. Установлено, что после 12 месяцев опытных носок спецодежды и 48 стирок итоговые значения уровня качества ( $\Delta$ Ук) тканей «Премьер Cotton 300», «Премьер FR-350» и «Премьер Комфорт-250А» ниже ( $\Delta$  Ук  $\leq 0,80$ ) у всех контрольных образцов, чем в наноструктурированных образцах ( $\Delta$  Ук  $\leq 1,0$ ), как по основе, так и по утку. Наблюдается небольшая разница уровня*

качества образцов в зависимости от видов агрессивных сред. Выявлено, что наноструктурирование тканей для спецодежды в потоке «холодной» плазмы пониженного давления позволяет сохранить итоговый показатель уровня качества образцов  $\Delta U_k \geq 0,85$  в течение 1...12 месяцев опытных носок и до 48 стирок. В контрольных образцах тканей для спецодежды стойкость к воздействию агрессивных сред сохраняется до 6 месяцев опытных носок и 24 стирок.

*The article considers issues related to determining the final quality level of samples of nanostructured fabrics for special clothing based on operational quality indicators after experimental wearing and washing. The objects of the study are textile materials containing cotton fibers and polyester fibers. Investigation of operational quality indicators (resistance to aggressive media (alkali, acid, oil, seawater)) were carried out on control and nanostructured samples of special clothing. Nanostructuring of fabrics of special clothing was carried out by a stream of «cold» plasma of reduced pressure on a semi-industrial plasma installation of periodic action «WATT 4000 PT PLASMA 3» at optimal exposure parameters. It was found that after 12 months of experimental wearing of special clothing and 48 washes, the final values of the quality level (DUK) of fabrics «Premier Cotton 300», «Premier FR-350» and «Premier Comfort-250A» are lower ( $\Delta U_k \leq 0,80$ ) in all control samples than in nanostructured samples ( $\Delta U_k \leq 1,0$ ) for both for the warp and the weft. There is a slight difference in the quality level of the samples depending on the types of aggressive media. It was revealed that nanostructuring of fabrics for special clothing in a stream of «cold» plasma of reduced pressure allows to maintain the final indicator of the quality level of samples  $\Delta U_k \geq 0,85$  from 1 to 12 months of experimental wearing and 48 washes. In control samples of special clothing fabrics, resistance to aggressive media is maintained for up to 6 months of experimental wearing and 24 washes.*

**Ключевые слова:** качество, стойкость, агрессивные среды, тканые полотна, образцы, наноструктурирование холодной плазмой, испытание, специальная одежда, опытная носка и стирка.

**Keywords:** quality, durability, aggressive media, woven fabrics, samples, cold plasma nanostructuring, testing, special clothing, experimental wearing and washing.

#### *Введение*

Проведение исследований уровня качества тканых полотен для спецодежды по показателям защитных свойств направлено на расширение области их применения в различных отраслях промышленности и повышение конкурентоспособности отечественной продукции. За последние годы предложены различные композиции для придания гидрофобных свойств материалам для спецодежды с целью повышения стойкости к агрессивной среде. Основным недостатком большинства материалов является уменьшение защитных свойств в

процессе эксплуатации, особенно от действия агрессивных сред, из-за плохого связывания модифицирующих веществ с волокнами текстильного материала [1].

Итоговый уровень качества спецодежды во многом зависит от полноты учета таких факторов, как основные производственные вредности, топография воздействия агрессивной среды на поверхность спецодежды, энерготраты при выполнении работы, характерные движения, метеорологические условия (температура и скорость движения воздуха, влажность). Материалы, используемые для изготовления

спецодежды, должны отвечать эксплуатационным требованиям, в том числе обладать стойкостью к агрессивным средам, таким как щелочь, нефть, кислота и морская вода [2, 3]. Важно, чтобы разрабатываемые ткани для спецодежды защищали от сильных брызг воды, кислот, щелочей и морской воды, а также от возможных опасностей и рисков, повышали безопасность и производительность труда [5].

Считается, что эксплуатационные показатели стойкости к агрессивным средам проявляются, когда изделие выполняет свои целевые функции в процессе опытных носок, а также после стирок [4]. Следовательно, при производственных испытаниях остаточных механических свойств тканых полотен оценка стойкости к агрессивным средам будет сводиться к определению реальных характеристик достижения ими определенных состояний. Последнее позволяет оценивать качество исследуемых тканых полотен после их эксплуатации, когда нагрузки и другие воздействия на материал существенно отличаются от тех, при которых ткань доводится до разрушения с течением времени эксплуатации.

Показатель разрывной нагрузки очень важен при прогнозировании работоспособности тканых полотен для спецодежды. Важно учитывать, что этот показатель не является единственным, который нужно учитывать при выборе материала для спецодежды [6...9].

Целью данной работы является определение уровня качества образцов тканей для специальной одежды по защитным показателям стойкости тканых полотен к агрессивным средам после экспериментальных носок и стирок, а также сравнительная оценка стойкости контрольных и наноструктурированных образцов.

#### *Материалы и методы исследований*

В данной работе представлены результаты определения уровня качества образцов наноструктурированных материалов, полученных после модификации потоком «холодной» плазмы пониженного давления на уникальной полупромышленной плазменной установке периодического действия

«ВАТТ 4000 ПТ ПЛАЗМА 3» (при мощности разряда  $W_p = 3,5...4,0$  кВт, расходе плазмообразующего газа  $G = 0,04$  г/с, давлении в вакуумной камере  $P_k = 20...21$  Па и скорости обработки  $\tau = 1...2$  м/мин).

В качестве объектов исследования выбрана спецодежда из текстильных материалов «Премьер Cotton 300», «Премьер FR-350» и «Премьер Комфорт-250А», характеристики которых представлены в работе [10].

Уровень качества материалов специальной одежды устанавливали с помощью относительного показателя разрывной нагрузки. Для расчета относительного значения ( $Y_i$  – уровень единичного показателя качества) использовали формулу (1), представленную в работе [10].

Количественно величину итогового показателя качества, то есть уровень качества ( $Y_k$ ), рассчитывали как среднее арифметическое всех уровней рассматриваемых характеристик ( $Y_i$ ) сравниваемых образцов (наноструктурированных и контрольных) по формуле (2), которая приведена в работе [10]. Используя формулу (2) из [10], определяли уровень качества образцов по эксплуатационным показателям стойкости к агрессивным средам (щелочи, нефти, кислоте и морской воде) до и после опытных носок и стирок.

В ходе эксперимента изготавливали опытные партии спецодежды из контрольных и наноструктурированных материалов, передавали их в опытную носку и стирку, проводили регулярные исследования показателей качества текстильных материалов после эксплуатации в производственных условиях в течение 1, 12 и 24 месяцев. Общее количество экспериментальных образцов, участвующих в опытной носке, – 120 единиц спецодежды для работников химического производства и рыбного хозяйства (60 контрольных и 60 наноструктурированных «холодной» плазмой).

Исследования разрывной нагрузки тканых полотен проводили на пяти опытных образцах спецодежды до разрушения, затем находили значения итоговых показателей качества оцениваемых наноструктурированных текстильных материалов для спецодеж-

ды относительно контрольных образцов без обработки плазмой.

*Результаты и обсуждения*

На рис. 1...3 показаны гистограммы оценки итогового уровня качества наноструктурированных и контрольных образ-

цов тканей спецодежды «Премьер Cotton 300» (рис. 1), «Премьер FR-350» (рис. 2) и «Премьер Комфорт-250А» (рис. 3) по показателям стойкости к воздействию агрессивных сред после производственных испытаний.

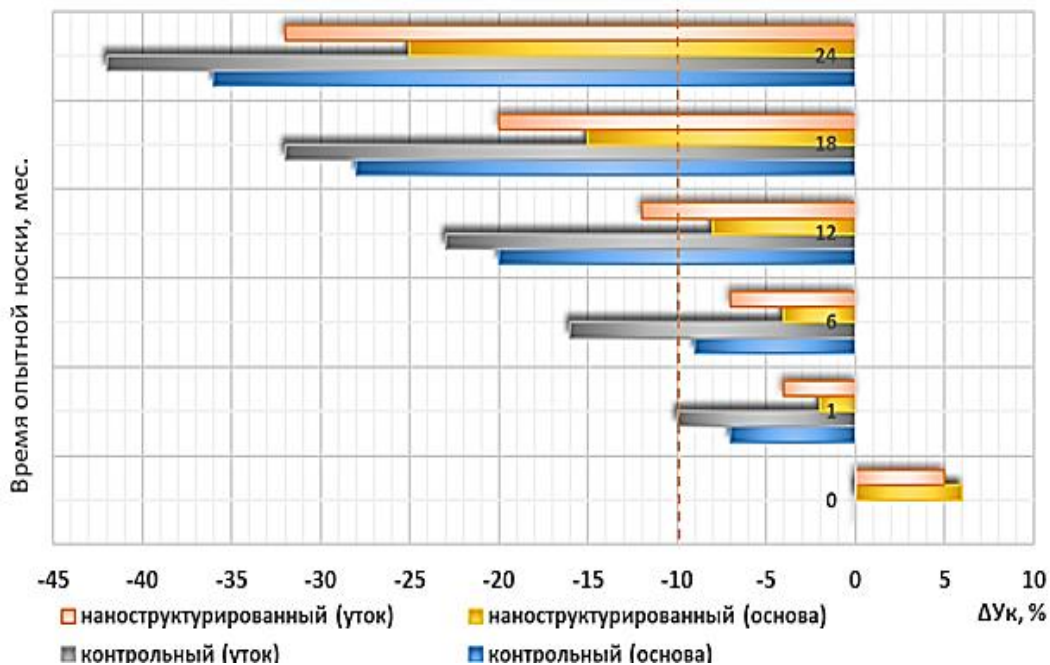


Рис. 1

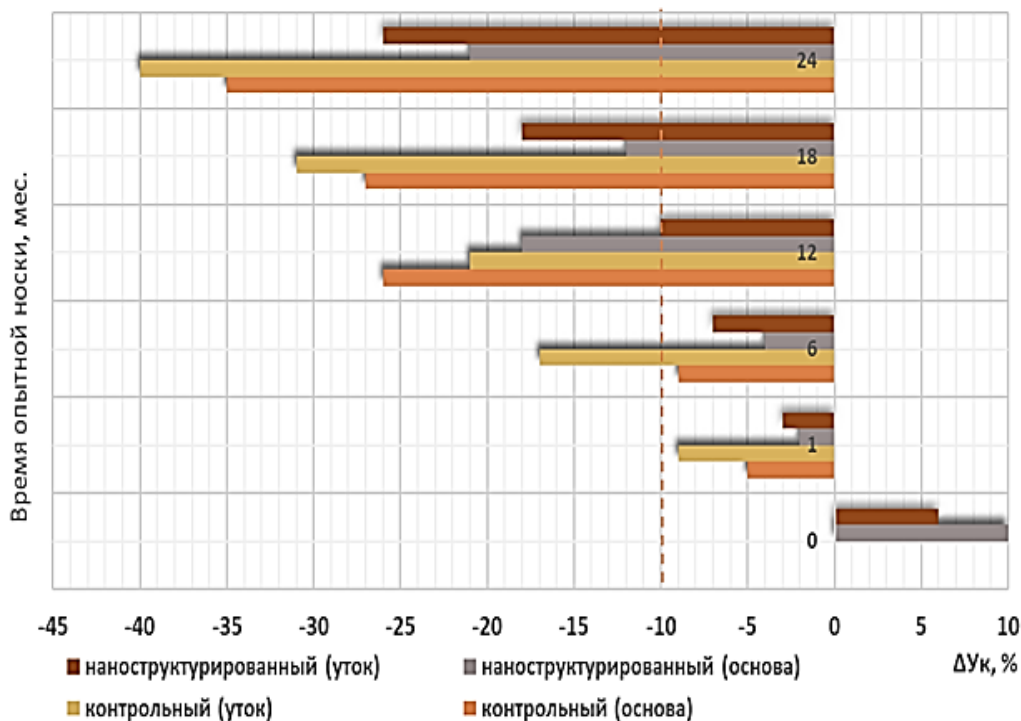


Рис. 2

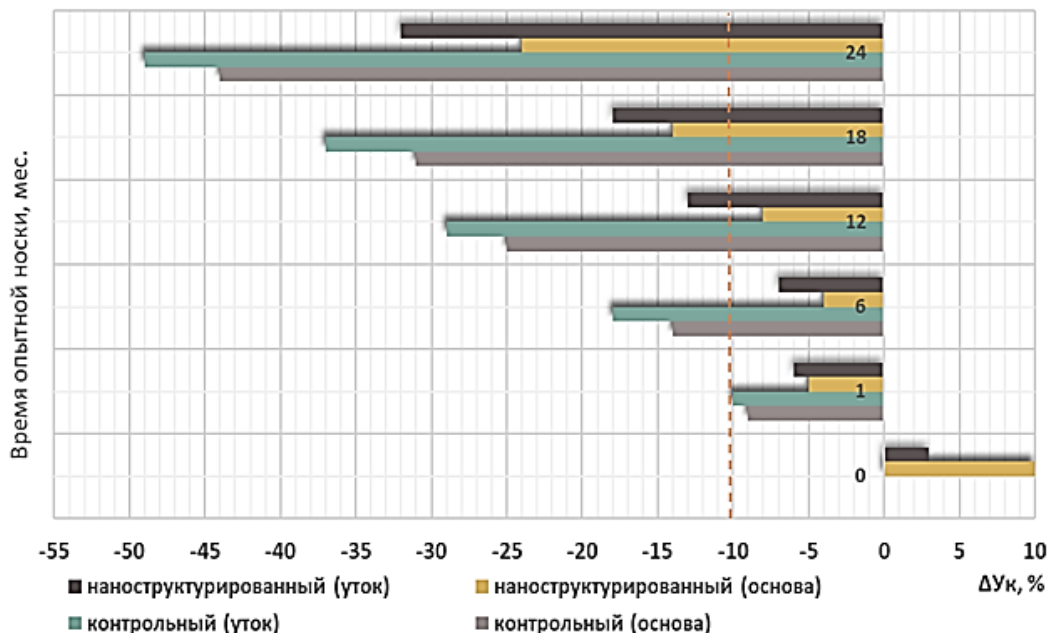


Рис. 3

Как видно из гистограмм (рис. 1...3), после опытных носок и стирок в течение 24 месяцев во всех исследуемых наноструктурированных образцах итоговые показатели качества ниже единицы. Итоговый уровень качества наноструктурированных образцов тканей спецодежды по продолжительности сохранения стойкости к агрессивным средам остается достаточно высоким, его снижение ( $\Delta U_k$ ) составляет от 5% до 10%.

После одного месяца опытных носок спецодежды относительные значения итогового уровня качества наноструктурированных образцов тканей «Премьер Cotton 300», «Премьер FR-350» и «Премьер Комфорт-250А» уменьшились от 3% до 6% как по основе, так и по утку. Это свидетельствует о том, что оцениваемые наноструктурированные ткани относятся к категории стойких к агрессивным средам согласно ГОСТ 12.4.220-2002 «Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты. Метод определения стойкости материалов и швов к действию агрессивных сред». Экспериментально установлено, что высокая стойкость к агрессивным средам наблюдается в тканях «Премьер Cotton 300» и «Премьер FR-350», где итоговый показатель качества образцов уменьшился до 3%, в ткани «Премьер Комфорт-250А» уменьшение составило до 6% по утку.

При дальнейшей опытной носке спецодежды до 6 месяцев  $\Delta U_k$  до 5% сохраняется только по основе у всех исследуемых тканей. В контрольных образцах текстильных материалов для спецодежды стойкость к воздействию агрессивных сред в течение 6 месяцев опытных носок сохраняется преимущественно по основе, кроме «Премьер Комфорт-250А», где она составляет до 15%, и тканое полотно считается ограничено стойким к агрессивным средам.

На основе анализа рис. 1...3 установлено, что в течение 12 месяцев опытных носок и стирок наноструктурированные образцы, в отличие от контрольных образцов спецодежды, обладают высокой стойкостью к агрессивным средам (нефти, щелочи, кислоте и морской воде), по-видимому, за счет более глубокого проникновения пропитывающих составов в поры волокна, приводящего к уплотнению поверхности тканей и упорядочению структуры волокон.

После 24 месяцев опытных носок и стирок итоговый уровень качества образцов по стойкости к агрессивным средам резко снижается от 25% до 30% в наноструктурированных образцах и от 40% до 50% в контрольных образцах.

Испытания различных изделий спецодежды из наноструктурированных текстильных материалов свидетельствуют о

том, что структура и пористость образцов тканей оказывают существенное влияние на итоговые показатели качества по стойкости к агрессивным средам, что может быть обусловлено повышением их гидрофобных свойств и снижением подвижности цепей макромолекул за счет возникающей прочности адгезионной связи на границе раздела фаз, образованной между наноструктурированными текстильными материалами и пропиточными водоотталкивающими (ВО), маслородоотталкивающими (МВО) и нефтемаслородоотталкивающими (НМВО) препаратами, в зависимости от видов тканей для спецодежды. При этом максимальное воздействие ионной бомбардировки оказывается на глубине от 0,03 до 0,045 нм, что достаточно для получения прочного адгезионного соединения. Данный факт дает возможность предположить, что гидрофобные покрытия более равномерно наносятся на поверхности текстильных материалов, полностью заполняя все поры и капилляры, тем самым повышая стойкость тканей к агрессивным средам.

## ВЫВОДЫ

По результатам экспериментального исследования стойкости к агрессивным средам после 12 месяцев опытных носок и стирок спецодежды снижение показателей качества наноструктурированных образцов тканей «Премьер Cotton 300», «Премьер FR-350» и «Премьер Комфорт-250А» составляет до 15%. Значительное снижение итогового показателя качества текстильных материалов для спецодежды наблюдается после 24 месяцев опытных носок и стирок – итоговый уровень качества образцов по стойкости к агрессивным средам снижается в наноструктурированных тканых полотнах до 30%, а в контрольных образцах до 50%.

Результаты исследования дают возможность предположить, что после модификации потоком «холодной» плазмы пониженного давления гидрофобные покрытия более равномерно наносятся на поверхности текстильных материалов, полностью заполняя все поры и капилляры, тем самым по-

вышая стойкость тканей к агрессивным средам.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Курденкова А.В., Шустов Ю.С., Давыдов А.Ф., Журавлева Е.М. Исследование защитных свойств тканей для одежды сварщиков // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2017. № 4 (370). С. 103...107.
2. [https://libraryno.ru/1-3-kachestvo-produkcii-osn\\_tex\\_mash/](https://libraryno.ru/1-3-kachestvo-produkcii-osn_tex_mash/) (дата обращения 18.07.2024)
3. Ковчур А.С. Материаловедение: учеб. пособие. М.: Легпромиздат, 2000. 125 с.
4. Гаджибекова И.А. Опытная носка как один из способов определения динамического соответствия производственной одежды // Теория и практика современной науки. 2022. № 2(80). С. 66...70.
5. Кирюхин С.М., Плеханова С.В. Оценка, контроль и управление качеством текстильных материалов. СПб.: Лань, 2020. 432 с.
6. Гайнутдинов Р.Ф., Хамматова В.В. Наноструктурирование полутьняной парусиновой ткани для повышения качества спецодежды // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2022. № 5(401). С. 71...77.
7. Гайнутдинов Р.Ф., Хамматова В.В. Повышение качества суконной ткани для спецодежды после наноструктурирования плазмой // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2022. № 4(400). С. 69...76.
8. Зиновьев В.П., Рубцов В.И., Шустов Ю.С. и др. Влияние зажимной длины образца на результаты прочностных показателей хлопчатобумажных тканей // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2022. № 3(399). С. 86...91.
9. Кирюхин С.М., Куроедова Д.В., Денисова О.Н., Литовченко С.Ф. Сравнительная оценка качества и надежности тканей для спецодежды // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2009. № 4(318). С. 13...19.
10. Хамматова Э.А. Определение уровня качества образцов наноструктурированных тканей для специальной одежды по показателям надежности после экспериментальных носок и стирок // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2024. № 2 (410). С. 100...107.

## REFERENCES

1. Kurdenkova A.V., Shustov Yu.S., Davydov A.F., Zhuravleva E.M. Study protective properties of fabrics for welders clothing // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2017, 4(370). P. 103...107.
2. [https://libraryno.ru/1-3-kachestvo-produkcii-osn\\_tex\\_mash/](https://libraryno.ru/1-3-kachestvo-produkcii-osn_tex_mash/) (accessed 18.07.2024).
3. Kovchur A.S. Materials Science: textbook. M.: Legpromizdat, 2000. 125 p.
4. Hajibekova I.A. Experimental sock as one of the ways to determine the dynamic conformity of industrial

clothing // Theory and practice of modern science. 2022. No. 2(80). pp. 66...70.

5. *Kiryukhin S.M., Plekhanova S.V.* Assessment, control and quality management of textile materials. Saint Petersburg: Lan, 2022. 432 p.

6. *Gainutdinov R.F., Khammatova V.V.* Nanostructuring of semi-linen canvas fabric to improve the quality of workwear // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti.* 2022, 5(401). P. 71... 77.

7. *Gainutdinov R.F., Khammatova V.V.* Improving the quality of cloth fabric for workwear after plasma nanostructuring // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti.* 2022, 4(400). P. 69... 76.

8. *Zinovev V.P., Rubtsov V.I., Shustov YU.S. etc.* Effect of clamping length of sample on the results of cotton fabrics strength indices // *Izvestiya Vysshikh*

*Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti.* 2022, 3(399). P. 86... 91.

9. *Kiryukhin S.M., Kuroedova D.V., Denisova O.N., Litovchenko S.F.* Comparative assessment of the quality and reliability of fabrics for workwear // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti.* 2009, 4(318). P. 13...19.

10. *Khammatova E.A.* Determination of sample quality level nanostructured fabrics for special clothing by reliability indicators after experimental wearing and washing // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti.* 2024, 2(410). P. 100...107.

Рекомендована кафедрой дизайна КНИТУ. Поступила 29.07.24.

---