

## ПОВЫШЕНИЕ ВОДОУПОРНОСТИ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ СПЕЦОДЕЖДЫ

### INCREASING WATER RESISTANCE OF TEXTILE MATERIALS FOR WORKWEAR

Э.А. ХАММАТОВА

E.A. KHAMMATOVA

(Казанский национальный исследовательский технологический университет)

(Kazan National Research Technological University)

E-mail: elm.kzn@mail.ru

*Изучены вопросы, связанные с определением водоупорности образцов наноструктурированных тканей для специальной одежды. Цель работы заключалась в исследовании водоупорности контрольных и наноструктурированных образцов тканей для специальной одежды после их водоотталкивающей пропитки в производственных условиях, а также в сравнительной оценке пористости контрольных и наноструктурированных тканей для спецодежды. Объектами исследования выбраны текстильные материалы с содержанием хлопковых волокон и волокон полиэстера. Перед пропиткой проводили наноструктурирование тканей для специальной одежды потоком «холодной» плазмы пониженного давления с использованием полупромышленной плазменной установки периодического действия «ВАТТ 4000 ПТ ПЛАЗМА 3» при найденных оптимальных параметрах воздействия потока плазмы пониженного давления. Установлено, что после наноструктурирования и водоотталкивающей или масловодоотталкивающей пропитки водоупорность образцов суровых тканей «Климат Standard-250», «Cotton Rich 180» и «Премьер Cotton 300» возрастает до 30,4% относительно контрольных образцов, а раслихтованных тканей – до 27,2% в зависимости от волокнистого состава тканей. Установлено, что величина суммарного объема пор  $V_p$  возросла в 1,08...1,36 раза, увеличение показателя площади удельной поверхности пор  $S_{уд}$  имеет более широкий диапазон – в 1,07...1,51 раза. При этом наблюдается максимальный диаметр пор  $D$  относительно контрольных образцов – от 160 нм до 185 нм, что способствует повышению заполняемости пустот внутри тканей пропиткой, поэтому они становятся более плотными и водоупорными.*

*The issues related to the determination of the water resistance of nanostructured fabric samples for special clothing have been studied. The aim of the work was to study the water resistance of control and nanostructured fabric samples for special clothing after their water-repellent impregnation in industrial conditions, as well as to compare the porosity of control and nanostructured fabrics for workwear. The objects of the study are textile materials containing cotton fibers and polyester fibers. Before impregnation, the fabrics for special clothing were nanostructured with a low-pressure "cold" plasma flow using a VATT 4000 PT PLASMA 3 semi-industrial intermittent plasma system under the determined optimal low-pressure plasma flow parameters. It was found that after nanostructuring and water-repellent or oil-water-repellent impregnation, the water resistance of samples of unbleached fabrics*

*"Climate Standard-250", "Cotton Rich 180", and "Premier Cotton 300" increased to 30.4% relative to the control samples, and in loosened fabrics to 27.2%, depending on the fibrous composition of the fabrics. It was found that the total volume of VP pores increased by 1.08 – 1.36 times, and the increase in the specific surface area of SC pores has a wider range of 1.07 – 1.51 times. At the same time, the maximum pore diameter  $D$  is from 160 nm to 185 nm relative to the control samples, which helps to increase the filling capacity of voids inside the fabrics with impregnation, so they become denser and more water-resistant.*

**Ключевые слова:** водоупорность, текстильные образцы, наноструктурирование холодной плазмой, испытание, водоотталкивающая пропитка, специальная одежда, диаметр пор.

**Keywords:** water resistance, textile samples, cold plasma nanostructuring, testing, water-repellent impregnation, special clothing, pore diameter.

Защита от воздействия внешней среды, например холода и дождя, является неотъемлемой функцией спецодежды, которая эксплуатируется на открытом воздухе. Способность противостоять проникновению воды может быть оценена водоотталкивающими свойствами, водонепроницаемостью и водоупорностью. Ткани с водоотталкивающей пропиткой на сегодняшний день являются безусловным лидером на рынке текстильных материалов с высоким уровнем гидрофобных свойств, что позволяет использовать их в различных изделиях легкой промышленности: демисезонных куртках, плащах, пальто, а также в спецодежде [1].

Водоупорность представляет собой свойство ткани, противоположное водонепроницаемости, и зависит от структуры материала. Чем плотнее и менее пористая структура волокон ткани, тем она более водонепроницаема [2].

В определенном смысле все ткани с водоотталкивающей пропиткой являются водоупорными. Анализ литературных источников [3...7, 10] показал отсутствие единства в терминах. Водоупорность – это способность материала сопротивляться прохождению через него влаги, которая определяется временем от начала испытания до момента промокания обратной стороны полотна. Такие ткани не промокают, они просто собирают воду на поверхности, в то время как изнаночная сторона материала остается сухой.

Водоупорность ткани можно повысить, нанеся на ее поверхность специальную водоотталкивающую (ВО) или масловодоотталкивающую (МВО) пропитку, пленочные покрытия, а также применяя химическую и электрофизическую модификацию материалов. В результате модификации текстильных материалов пропитка заполняет пустоты внутри ткани, поэтому она становится более плотной [8, 9].

Показатель водоупорности очень важен при прогнозировании работоспособности тканей для спецодежды. Чем выше этот показатель, тем больше ткани сопротивляются первоначальному проникновению воды. Некоторые из пропиток приводят к формированию водонепроницаемого слоя, в котором поры ткани закрыты, образуя сплошную пленку на поверхности материала, что придает ему полную водонепроницаемость. Недостатком таких пропиток является то, что они не пропускают воздух. Другие пропитки, называемые гидрофобными, оставляют поры материала открытыми для воздухообмена. В этом случае водоотталкивающие свойства основаны на образовании поверхностного слоя над порами ткани, препятствующего прохождению воды через поры.

Водоупорность наноструктурированных материалов спецодежды является относительной сравнительной характеристикой и основывается на сопоставлении фактических показателей, характеризующих техни-

ческое совершенство, с базовыми (контрольными) показателями, отражающими передовые научно-технические достижения в данной области [4].

Целью данной работы является исследование водоупорности, структуры контрольных и наноструктурированных образцов тканей для специальной одежды после их водоотталкивающей пропитки в производ-

ственных условиях, а также проведение сравнительной оценки их пористости.

#### *Материалы и методы исследования*

В качестве объектов исследования выбраны ткани для спецодежды из текстильных материалов различного волокнистого состава, а также степени их готовности (в суровом и расплихтованном виде), их характеристики представлены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

№ образца	Наименование тканей	Артикул	Состав волокон, %		Поверхностная плотность, г/м <sup>2</sup>	Переплетение	Пропитка
			хлопок	полиэстер			
1	«Климат Standard-250»	81429	35	65	250	Саржевое 2/1	ВО
2	«Cotton Rich 180»	18444	60	40	180	Саржевое 2/1	Bio Repellent (ВО антимоскитная отделка)
3	«Премьер Cotton 300»	10408	100	-	300	Саржевое 3/1	МВО

Водоупорность контрольных и наноструктурированных материалов определяли согласно ГОСТ Р 51553-99. Испытания образцов контрольных и обработанных тканей проводили на пенетрометре МТ-158 ООО «Метротекс» (максимальный уровень давления 1200 мм водяного столба; площадь испытуемой поверхности образца 100 ± 5 см<sup>2</sup>). Водоупорность ткани оценивали по максимальному уровню водяного столба в водомерной трубке, при котором на внешней поверхности образцов не обнаруживались капли воды.

Для расчета относительной величины изменения водоупорности  $\Delta B_y$  (%) по отношению к контрольному образцу в результате обработки холодным плазменным потоком пониженного давления использована формула:

$$\Delta B_y = \frac{B_{y0} - B_{y.хп}}{B_{y0}} \times 100\% , \quad (1)$$

где  $B_{y0}$  – водоупорность контрольных образцов до плазменной обработки, кПа;  $B_{y.хп}$  – водоупорность образцов после обработки в потоке «холодной» плазмы пониженного давления, кПа.

Наноструктурирование образцов тканей для спецодежды осуществляли потоком «холодной» плазмы пониженного давления с

применением уникальной полупромышленной плазменной установки периодического действия «ВАТТ 4000 ПТ ПЛАЗМА 3» при мощности разряда  $W_p = 3,0 \dots 3,5$  кВт, расходе плазмообразующего газа  $G = 0,04$  г/с, давлении в вакуумной камере  $P_k = 20 \dots 22$  Па и скорости обработки  $\tau = 1$  м/мин.

Состояние поровой структуры образцов текстильных материалов для спецодежды оценивали методом низкотемпературной (77К) адсорбции и десорбции (отдачи) паров азота на газовом сорбционном анализаторе NOVA 1200e. По изменению давления адсорбата судили о количестве сорбированного газа. Для каждой пробы снимались изотермы сорбции паров азота и рассчитывались характеристики пористости анализируемых контрольных и наноструктурированных образцов.

Оборудование также позволяет оценить пористость образцов текстильных материалов по показателям площади удельной поверхности  $S_{уд}$  (м<sup>2</sup>/г), суммарного внутреннего объема пор  $V_{П}$  (см<sup>3</sup>/г) и распределению пор по их размеру  $D$  (нм).

#### *Результаты и их обсуждение*

Результаты испытаний водоупорности контрольных и наноструктурированных образцов текстильных материалов представлены в табл. 2.

Наименование тканей	Виды пропиток	Плотность, г/м <sup>2</sup>	Водоупорность (В <sub>у</sub> ), кПа					
			Суровые образцы			Расшлихтованные образцы		
			контрольный	НХП	ΔВ <sub>у</sub> , %	контрольный	НХП	ΔВ <sub>у</sub> , %
«Климат Standard-250»	ВО	250	2,42	3,04	26,0	2,12	2,39	13,0
«Cotton Rich 180»	ВО	180	2,68	2,92	12,0	2,71	2,84	8,0
«Премьер Cotton 300»	МВО	300	2,4	3,13	30,4	2,2	2,8	27,2

Данные экспериментов, представленные в табл. 2, показывают, что водоупорность суровых текстильных материалов для спецодежды после их наноструктурирования в потоке «холодной» плазмы пониженного давления и пропитки возрастает до 30,4% в зависимости от процентного содержания состава волокна. Следует отметить, что после расшлихтовки тканей, пропитанных ВО и МВО растворами, в которых были удалены шликта и водорастворимые примеси клея, а также наноструктурирования в потоке «холодной» плазмы пониженного давления водоупорность снизилась до 27,2%. Это связано с тем, что в процессе плазменной обработки удаляются воскообразующие вещества и часть шликты и облегчается доступ воды, ВО и МВО растворов к целлюлозе, что также согласуется с результатами исследований текстильных материалов для одежды.

Результаты анализа поровой структуры образцов текстильных материалов для спецодежды представлены на рис. 1 и 2.

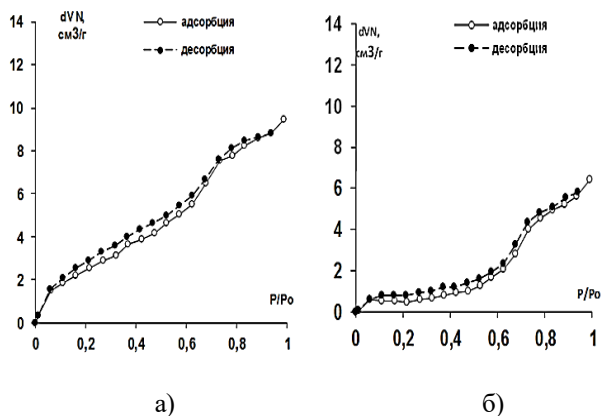


Рис. 1

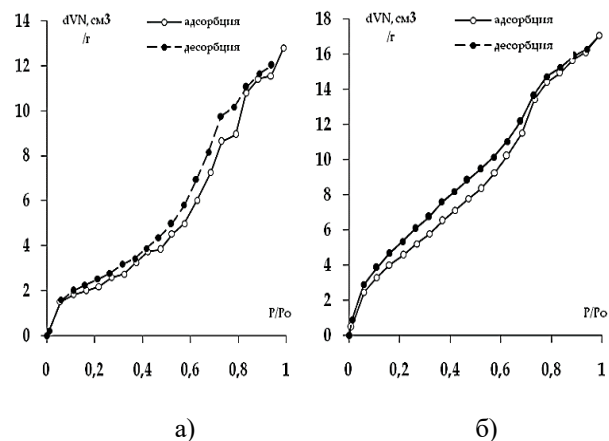


Рис. 2

В результате исследования наноструктурированных образцов материалов выяснилось, что суммарный объем пор  $V_{\Sigma}$  увеличился в 1,08...1,36 раза, наблюдалось увеличение показателя площади удельной поверхности пор  $S_{уд}$ , который изменялся в пределах 1,07...1,51 раза. При этом фиксировался максимальный диаметр пор  $D$  в диапазоне от 160 до 185 нм.

## ВЫВОДЫ

Проведенные исследования водоупорности контрольных и наноструктурированных образцов спецодежды как в суровом, так и в расшлихтованном виде показали, что наноструктурирование в потоке «холодной» плазмы пониженного давления позволяет увеличить водоупорность суровых образцов до 30,4%, а расшлихтованных до 27,2% относительно контрольных образцов, увеличить суммарный объем пор  $V_{\Sigma}$  в 1,08...1,36 раза.

1. *Соколов Л.А.* Российский рынок тканей для спецодежды. Стратегические перспективы одежды // Научный вестник КГТУ. Электронный журнал. 2005. № 2(12). С. 109...112.

2. *Припеченкова И.С., Метелева О.В., Веселов В.В.* Проектирование тканей для водозащитной одежды // Известия вузов. Технология текст. промышленности. 1999. № 3. С. 86 ...91.

3. *Ивашко Е.И., Буркин А.Н.* Сравнительный анализ водонепроницаемости защитных материалов для специальной одежды // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2024. № 1(409). С. 70...75.

4. *Бузов Б.А., Алыменкова Н.Д.* Материаловедение в производстве изделий легкой промышленности: учебник для студентов вузов / под ред. Б.А. Бузова. М.: Академия, 2004. 448 с.

5. <https://www.novotest.ru/tr-ts/019-2011/tr-ts-019-2011.pdf>. (Дата обращения: 14.02.2025).

6. *Панкевич Д.К., Буркин А.Н., Ивашко Е.И.* Исследование водонепроницаемости композиционных слоистых текстильных материалов прибором с открытой испытательной ячейкой // Прогрессивные технологии и оборудование: текстиль, одежда, обувь. Витебск: ВГТУ, 2020. С. 91...94.

7. *Савостицкий Н.А., Амирова Э.К.* Материаловедение швейного производства. М.: Академия, 2020. 288 с.

8. *Хамматова Э.А.* Повышение эксплуатационных свойств готовых изделий одежды специального назначения на основе применения модифицированных текстильных материалов // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2020. № 5 (389). С. 74 ...79.

9. *Гайнутдинов Р.Ф., Хамматова В.В.* Технология повышения водоупорности суконной ткани для спецодежды // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2024. № 2 (410). С. 133...139.

10. *Метелева О.В., Румянцев Е.В., Бузник В.М.* Проектирование комбинированных технологий швейного производства // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2023. № 5 (407). С. 147...154.

1. *Sokolov L.A.* The Russian market of fabrics for overalls. Strategic perspectives of clothing // Scientific Bulletin of KSTU. Electronic journal. 2005. No. 2(12). P. 109...112.

2. *Pripechenkova I.S., Meteleva O.V., Veselov V.V.* Designing fabrics for waterproof clothing // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 1999. No. 3. P. 86...91.

3. *Ivashko E.I., Burkin A.N.* Comparative analysis of waterproof resistance of protective materials for special clothing // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2024. No 1 (409). P. 70...75.

4. *Buzov B. A., Alymenkova N. D.* Materials science in the production of light industry products: a textbook for university students / edited by B.A. Buzov. M.: Publishing center "Academy", 2004. 448 p.

5. <https://www.novotest.ru/tr-ts/019-2011/tr-ts-019-2011.pdf>. – Access date: 14.02.2025.

6. *Pankevich D. K., Burkin A.N., Ivashko E.I.* Investigation of water permeability of composite layered textile materials with an open test cell device // Progressive technologies and equipment: textiles, clothing, footwear. Vitebsk: VSTU, 2020. P. 91...94.

7. *Savostitskiy N.A., Amirova E.K.* Material science of sewing production. Moscow: Akademiya, 2020. 288 p.

8. *Khammatova E.A.* Improving the performance properties of finished products of special purpose clothing based on the use of modified textile materials // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2020. No. 5 (389). P. 74 ...79.

9. *Gainutdinov R.F., Khammatova V.V.* Technology for increasing the water resistance of cloth fabric for workwear // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2024. No. 2 (410). P. 133 ...139.

10. *Meteleva O.V., Rumyantsev Ye.V., Buznik V.M.* Design of combined sewing technologies // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2023. No 5 (407). P. 147...154.

Рекомендована кафедрой дизайна КНИТУ. Поступила 11.03.25.