

УДК 677.017

**ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ ИСПЫТАНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
НАНОМОДИФИЦИРОВАННЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ,
ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ СПЕЦИАЛЬНОЙ ЗАЩИТНОЙ ОДЕЖДЫ***

**RESEARCH TESTING THE MECHANICAL PROPERTIES
OF NANOMODIFIED TEXTILE MATERIALS
USED FOR PROTECTIVE CLOTHING**

Э.А. ХАММАТОВА, Р.Ф. ГАЙНУТДИНОВ
E.A. KHAMMATOVA, R.F. GAINUTDINOV

(Казанский национальный исследовательский технологический университет)
(Kazan National Research Technological University)
E-mail: venerabb@mail.ru

В статье рассматриваются вопросы, связанные с проведением исследовательских испытаний механических свойств наномодифицированных натуральных текстильных материалов, полученных на основе пропитки коллоидным раствором наночастиц серебра и плазменной обработки. Проведены исследования комплекса механических нагрузок наномодифицированных текстильных материалов, определяющих внешний вид и износостойкость текстильных материалов, обладающих прочностью, относительным разрывным удлинением, стойкостью к истиранию, что очень важно при эксплуатации изделий специального назначения. Показатели механических свойств наномодифицированных суровых и раслихтованных тканей увеличиваются как по основе, так и по утку относительно контрольных образцов. Максимальное увеличение показателей механических свойств наблюдается в суровых наномодифицированных тканях.

The article discusses issues related to the conduct of research testing the mechanical properties of nanomodified natural textile materials obtained through impregnation with a colloidal solution of silver nanoparticles and plasma processing. Conducted research of complex mechanical loads nanomodified textile materials, appearance and durability of textile materials with the strength, relative breaking

* Проект выполняется в организации исполнителя (Получателе субсидии) при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в соответствии с требованием соглашения № 14.577.21.0019 о предоставлении субсидии на проведение прикладных научных исследований. Уникальный идентификатор прикладных научных исследований (проекта) RFMEFI57714X0019.

elongation, resistance to abrasion, which is very important in the operation of special purpose products. Mechanical properties of nanomodified harsh and desizing tissues increase as in the warp and in the weft direction, relative to the control samples. Maximum increase in mechanical properties is observed in severe nanomodified tissues.

Ключевые слова: специальный текстильный материал, спецодежда, плазма, наномодифицирование, коллоидный раствор, наночастицы серебра, прочность, стойкость к истиранию, относительное разрывное удлинение.

Keywords: special textile material, clothing, plasma, system hardening, colloidal solution, silver nanoparticles, strength, abrasion resistance, relative elongation.

Создание специальных текстильных материалов – сложная задача, так как спецодежда представляет собой полный или частичный барьер между человеком и окружающей средой. При этом одежда специального назначения должна выполнять комплекс механических нагрузок, определяющих внешний вид и износостойкость текстильных материалов: обладать прочностью, относительным разрывным удлинением, стойкостью к истиранию, способностью волокон и нитей сопротивляться действию внешних сил и соответствовать конкретным условиям производственной деятельности человека, сочетающих безопасность, удобство и комфорт потребителя [1], [2].

К каждому виду специальной одежды предъявляются конкретные требования в соответствии с условиями эксплуатации. Это происходит в силу того, что деятельность рабочих многих специальностей связана с необходимостью контакта с острыми предметами, разрывающими спецодежду. При этом обеспечение необходимых механических свойств зависит и от применяемых материалов и от конструктивного исполнения. Поэтому при создании экспериментальных образцов тканей для специальной одежды необходимо руководствоваться требованиями, учитывающими весь комплекс показателей качества и назначения.

Для спецодежды, защищающей от механических воздействий, износостойчивость определяется прежде всего разрывной

нагрузкой и разрывным удлинением. Разрывная нагрузка – это усилие, которое выдерживают пробные образцы материала при его растяжении до разрыва. Разрывное удлинение – приращение длины растягиваемого материала к моменту его разрыва. Разрывная нагрузка и разрывное удлинение определяются одновременно на разрывной машине [3].

Кроме названных задач актуальным в настоящей работе является создание бактерицидных и экологически чистых текстильных материалов с комплексом механических характеристик, сохраняющихся при эксплуатации изделий специального назначения в реальных условиях. Не менее значимыми являются проблемы, связанные со снижением затрат на получение таких материалов.

Разработанные нами наномодифицированные текстильные материалы на основе обработки их коллоидным раствором наночастиц серебра с концентрацией 0,2 г/л и закрепления потоком неравновесной низкотемпературной плазмы (ННТП) пониженного давления позволят решить поставленную задачу за счет обеспечения прочной связи между наночастицами серебра и натуральными волокнами. Этот метод экономически эффективный и позволяет получить натуральные ткани с повышенными механическими характеристиками [4].

Объектом исследовательских испытаний механических свойств наномодифицированных текстильных материалов явля-

лись ткани как в суровом, так и в расшлихтованном виде: "Премьер FR-350" с пропиткой, артикул 10202AM, состав 100% хлопок + антистатическая нить, а также парусина полульняная, поверхностной плотностью 450 ± 40 г/м² с пропиткой, артикул 11293, состав 59% лен+41% хлопок.

Одним из основных показателей, определяющих качество наномодифицированных тканей для специальной одежды с содержанием натуральных волокон, являются механические характеристики: разрывная нагрузка, относительное разрывное удлинение и стойкость к истиранию образцов. Стандартный метод экспериментальной оценки разрывной нагрузки и относительного разрывного удлинения материалов (ГОСТ 29104.4–91) позволяет определить их выносливость, то есть устойчивость к действию многоциклового нагружения [5].

Разрывная нагрузка по основе и утку, N , и относительное разрывное удлинение изго-

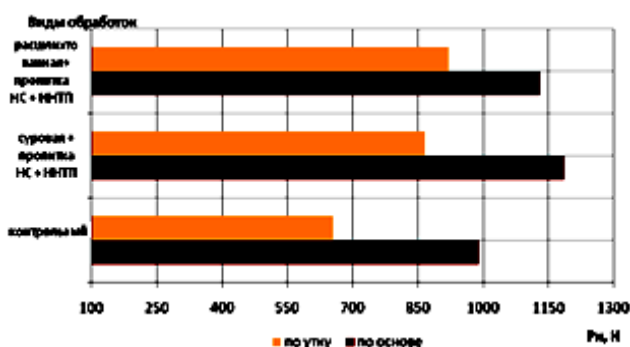


Рис. 1

На основе проведенных исследований установлено (рис. 1 и 2), что максимальные показатели прочности текстильных материалов увеличиваются в результате наномодифицирования коллоидным раствором наночастиц серебра и ННТП обработки тканей в суровом виде, при этом разрывная нагрузка в суровой ткани "Премьер FR-350", артикул 10202AM повысилась на 21,4 % по основе и на 38,7% по утку, в наномодифицированных тканях после расшлихтовки прочность повысилась до 15,3% по основе и на 34,8% по утку относительно контрольных образцов.

При испытаниях прочности суровой ткани – парусины полульняной, артикул 11293, прочность образцов повысилась на

товленных экспериментальных образцов тканей для специальной одежды с содержанием натуральных волокон измерялись с помощью автоматической разрывной машины МТ110-5.

На рис. 1 представлены результаты испытаний разрывной нагрузки наномодифицированной ткани "Премьер FR-350", артикул 10202AM, состав 100% хлопок + антистатическая нить, и видов обработки ННТП, а на рис. 2 – испытания разрывной нагрузки парусины полульняной с огнезащитной пропиткой (артикул 11293) в зависимости от последовательности обработки материалов коллоидным раствором наночастиц серебра (НС) и потоком неравновесной низкотемпературной плазмы (ННТП) при расходе плазмообразующего газа $G_{\text{воздух}} = 0,04$ г/с, частоте генератора $f = 50$ МГц, давлении в разрядной камере $P = 21$ Па, мощности разряда $W_p = 3,5$ кВт, $\tau = 1$ м/мин.

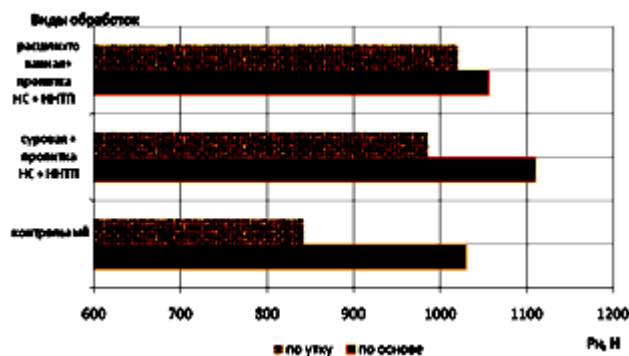


Рис. 2

21,4% по основе и на 22,7% по утку, в наномодифицированных тканях после расшлихтовки прочность повысилась на 3% по основе и на 21,6% по утку относительно контрольных образцов.

Таким образом, максимальные показатели разрывной нагрузки достигаются в результате наномодифицирования коллоидным раствором наночастиц серебра и ННТП обработки тканей в суровом виде.

Данный вид разряда позволяет не только упрочнять исследуемый ассортимент наномодифицированных тканей, но и одновременно повышать их относительное разрывное удлинение. Принято определять удлинение при стандартной разрывной

нагрузке – приращение длины растягиваемой пробы в момент достижения разрывной нагрузки – экспериментально установленных контрольных и наномодифицированных образцов. Результаты исследований относительного разрывного удлинения наномодифицированных тканей "Премьер FR-350", артикул 10202AM и парусины полульняной, артикул 11293 от видов их обработок ННТП представлены на рис. 3.

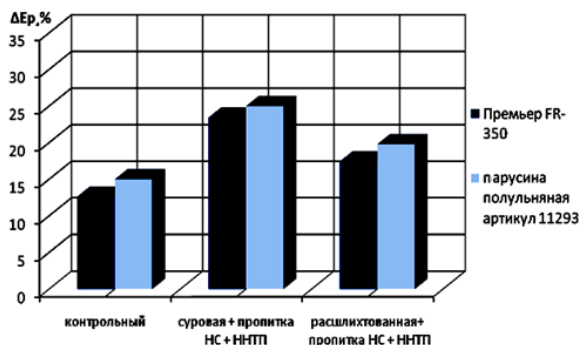


Рис. 3

Экспериментальные исследования относительного разрывного удлинения наномодифицированных тканей "Премьер FR-350" с пропиткой, артикул 10202AM и парусины полульняной, артикул 11293 в зависимости от видов их обработки ННТП показали, что максимальные показатели достигаются в результате обработки ННТП тканей в суровом виде, где показатель повышается на 83,0%, относительно контрольных образцов.

Таким образом, ткани, имеющие высокие показатели удлинения при разрыве, обладают, как правило, хорошей эластичностью, несминаемостью, стой-

костью к истиранию, что немаловажно для швейных изделий специального назначения. Как и разрывная нагрузка, удлинение при разрыве в значительной степени зависит от качественного состава сырья, из которого выработана ткань.

В процессе эксплуатации изделий, изготовленных из текстильных полотен, происходит постепенное ухудшение их свойств, они изнашиваются. Для материалов одежды специального назначения, которые рассчитаны на продолжительный срок эксплуатации, очень важна способность текстильных материалов сохранять первоначальные свойства, то есть износостойкость. Процесс ухудшения первоначальных свойств называется изнашиванием, а конечный результат изнашивания – износом, который выражается в видимом разрушении или сильном ухудшении свойств материала [3].

Стойкость к истиранию на плоскости – этот показатель определяется в зависимости от волокнистого состава материала. Сущность метода определения стойкости к истиранию заключается в измерении числа оборотов головки прибора МТ 191, истирающей материал до разрушения материала (образования дыры) [6].

На рис. 4 и 5 представлены диаграммы изменения стойкости к истиранию изготовленных экспериментальных образцов наномодифицированной ткани "Премьер FR-350", артикул 10202AM, состав 100% хлопок + антистатическая нить и парусины полульняной, артикул 11293, состав 59% лен + 41% хлопок в зависимости от видов обработки ННТП (рис. 4 – ткань "Премьер FR-350", рис. 5 – парусина полульняная).

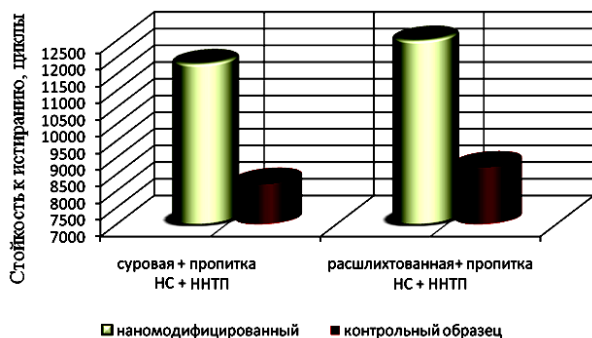


Рис. 4

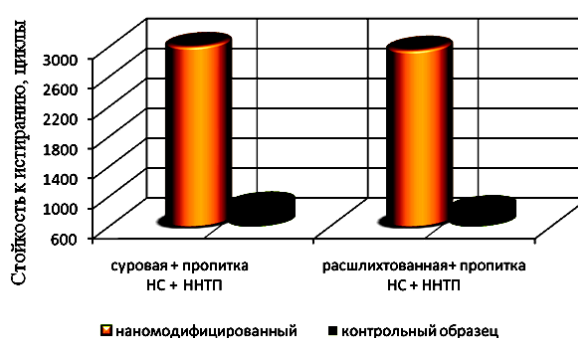


Рис. 5

Как видно из рис. 4, стойкость к истиранию изготовленной наномодифицированной ткани "Премьер FR-350", состав 100% хлопка + антистатическая нить, в определенном режиме наноструктурирования: $P_k = 20...22$ Па, $W_p = 3,5$ кВт, $\tau = 1$ м/мин; $G_{возд} = 0,04$ г/с составляет соответственно 11300 циклов и 12000 циклов, а в контрольных образцах суровых тканей 7800 циклов, в расшлихтованных тканях 8400 циклов. Стойкость к истиранию после ННТП наномодифицирования увеличивается относительно контрольных образцов в суровых тканях на 44,87% и в расшлихтованных тканях на 42,85%.

Анализ результатов экспериментальных исследований, представленных на рис. 5, показал, что испытания стойкости к истиранию изготовленных экспериментальных образцов текстильных материалов парусины полульняной суровой (59% лен + 41% хлопок) с поверхностной плотностью 450 ± 40 г/м² в определенном режиме их наномодифицирования: $P_k = 20...21$ Па, $W_p = 3,5$ кВт, $\tau = 1$ м/мин; $G_{возд} = 0,04$ г/с определен соответственно 2800 циклов в суровых тканях и 2700 циклов в расшлихтованных тканях, а в контрольных образцах соответственно 630 и 610 циклов. Стойкость к истиранию после наномодифицирования увеличивается относительно контрольных образцов в суровых и в расшлихтованных тканях в 4,0 раза.

Таким образом, результаты полученных характеристик механических свойств наномодифицированных текстильных материалов могут использоваться при оценке их качества и решить ряд требований к защитной спецодежде: сохранить в процессе эксплуатации их форму и размеры, предъявляемых к текстильным материалам, а также прогнозировать срок службы одежды специального назначения.

ВЫВОДЫ

1. Установлено, что изготовление экспериментальных образцов наномодифицированных текстильных материалов за счет пропитки коллоидным раствором наночастиц

серебра и закрепления потоком неравновесной низкотемпературной плазмы пониженного давления является новым перспективным способом получения новых материалов.

2. Закрепление наномодифицированных текстильных материалов потоком ННТП пониженного давления целесообразно осуществлять в режиме: $P = 20...22$ Па; $W_p = 3,5$ кВт; $\tau = 1$ м/мин; $G_{возд} = 0,04$ г/с. Это приводит к дополнительному "вбиванию" наночастиц серебра в поверхность образцов за счет ионной бомбардировки, что способствует как физической адсорбции наночастиц металла в приповерхностных слоях тканей, так и формированию поверхностной сетки в результате воздействия плазмообразующего газа, способного в ионизированном состоянии взаимодействовать с образовавшимися за счет ионной бомбардировки свободными радикалами в поверхностном слое волокнообразующих полимеров.

3. Максимальные показатели механических свойств текстильных материалов – разрывная нагрузка, относительное разрывное удлинение и стойкость к истиранию преимущественно увеличиваются в суровом виде в результате наномодифицирования коллоидным раствором наночастиц серебра и ННТП обработки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хамматова Э.А. Повышение механических свойств многофункциональных текстильных материалов для производства изделий специального назначения // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2014, №5. С. 44...48.
2. Пустыльник Я.И. Безопасность для каждого рабочего дня // Рабочая одежда. – 2007, № 4 (39). С.6...7.
3. Бузов Б.А., Алыменкова Н.Д. Материаловедение в производстве изделий легкой промышленности (швейное производство). – М.: Академия, 2004.
4. Хамматова В.В. Разработка экспериментальных образцов наномодифицированных текстильных материалов, влияющих на прочность одежды специального назначения // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2016, №2. С. 59...65.
5. ГОСТ 29104.4–91. Ткани технические. Метод определения разрывной нагрузки и удлинения при разрыве. – Введен 01.01.1993. – М.: Госстандарт России: Издательство стандартов, 2004.

6. ГОСТ 9913–90 (СТ СЭВ 5784–86). Материалы текстильные. Методы определения стойкости к истиранию. – Введен 01.05.1990. – М.: Госстандарт России: Издательство стандартов, 1991.

REFERENCES

1. Hammatova Je.A. Povyshenie mehanicheskikh svojstv mnogofunktional'nyh tekstil'nyh materialov dlja proizvodstva izdelij special'nogo naznachenija // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2014, №5. S. 44...48.

2. Pustyl'nik Ja.I. Bezopasnost' dlja kazhdogo rabocheho dnja // Rabochaja odezhda. – 2007, № 4 (39). S.6...7.

3. Buzov B.A., Alymenkova N.D. Materialovedenie v proizvodstve izdelij legkoj promyshlennosti (shvejnoe proizvodstvo). – М.: Akademija, 2004.

4. Hammatova V.V. Razrabotka jeksperimental'nyh obrazcov nanomodificirovannyh tekstil'nyh materialov, vlijajushhih na prochnost' odezhdy special'nogo naznachenija // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2016, №2. S. 59...65.

5. GOST 29104.4–91. Tkani tehicheskie. Metod opredelenija razryvnoj nagruzki i udlinenija pri razryve. – Vveden 01.01.1993. – М.: Gosstandart Rossii: Izdatel'stvo standartov, 2004.

6. GOST 9913–90 (ST SJeV 5784–86). Materialy tekstil'nye. Metody opredelenija stojkosti k istiraniju. – Vveden 01.05.1990. – М.: Gosstandart Rossii: Izdatel'stvo standartov, 1991.

Рекомендована кафедрой дизайна. Поступила 05.10.16.