

УДК 677.017

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ИЗГОТОВЛЕНИЕ  
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ОБРАЗЦОВ СПЕЦИАЛЬНОЙ ОДЕЖДЫ  
ИЗ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ  
С ПОВЫШЕННЫМИ ГИГИЕНИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ\***

**DESIGN AND FABRICATION  
OF EXPERIMENTAL SAMPLES OF SPECIAL CLOTHES  
OF NANOSTRUCTURED TEXTILE MATERIALS  
WITH HIGH HYGIENIC PROPERTIES**

*Э.А. ХАММАТОВА*  
*E.A. KHAMMATOVA*

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

*В статье рассматриваются вопросы, связанные с проектированием и изготовлением экспериментальных образцов одежды специального назначения из наноструктурированных текстильных материалов, которые получены за счет воздействия потока неравновесной низкотемпературной плазмы пониженного давления. Исследованы гигиенические свойства натуральных текстильных материалов после плазменного воздействия, которые необходимы при эксплуатации изделий специального назначения.*

---

\* 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.

*Установлено, что предлагаемый метод наноструктурирования текстильных материалов потоком неравновесной низкотемпературной плазмы пониженного давления за счет управления их микроструктурой позволяет не только повысить гигиенические показатели тканей, но и обеспечивать комфортное состояние человека в спецодежде и сохранять их внешнюю форму.*

*The article discusses issues related to the design and manufacture of experimental samples of special-purpose clothing of textile nanostructured materials, which are obtained due to the impact of flow non-equilibrium low-temperature plasma of reduced pressure. Studied the natural hygienic properties of textile materials after plasma exposure, which is required for operation of the products for special purposes. It is established that the proposed method is nanostructuring of textile materials by a stream of nonequilibrium low-temperature plasma of reduced pressure through control of their microstructure allows not only to improve the hygienic performance of fabrics, but also to provide a comfortable condition of the person in overalls and retain their external form.*

**Ключевые слова:** спецодежда, проектирование, текстильный материал, гигиенические свойства, низкотемпературная плазма, наноструктурирование.

**Keywords:** clothing, design, textile material, hygienic properties, low-temperature plasma, nanostructuring.

При проектировании экспериментальных образцов спецодежды из наноструктурированных тканей необходимо опираться на глубокие знания свойств полученных материалов, с одной стороны, и на ведущие требования, предъявляемые к изделиям специального назначения – с другой, которые предполагают комплекс потребительских и функциональных характеристик. Кроме этого они защищают от механических и химических повреждений кожного покрова, предохраняют поверхность тела человека от пыли, грязи, микроорганизмов, защищают от укусов насекомых и животных. А в условиях повышенной температуры и интенсивной солнечной радиации они должны соответствовать гигиеническим свойствам, влияющим на тепловое состояние человека и процесс терморегуляции [1].

Гигиенические свойства в спецодежде реализуются через систему как физических свойств (гигроскопичность, тепловые свойства, проницаемость, электризуемость), геометрических свойств (толщина, масса), жесткость тканей, так и ее кон-

струкцию [2]. Конструкция спецодежды должна обеспечивать свободу движений, с учетом типовых движений и поз, принимаемых пользователем в процессе работы, легкость одевания и снятия, не затруднять физиологических функций человека (дыхания, кровообращения и т.п.). В процессе дизайн-проектирования спецодежды необходимо учитывать, чтобы бретели полукombineзона и брюк имели регуляторы длины и не оказывали давления на тело.

Спецодежда по эргономике должна соответствовать требованиям ГОСТа Р 12.4.218 [3]. Но при этом во всех разработках должны учитываться нормы и требования, предъявляемые к спецодежде, согласно действующим требованиям технического регламента Таможенного союза "О безопасности продукции легкой промышленности" (ТР ТС 017/2011) [4], так чтобы использование данной спецодежды не представляло угрозы жизни и здоровью работника.

При проектировании и изготовлении специальной одежды для рабочих строительного и энергетического комплекса

учитывалась жесткость применяемых материалов, поскольку при малой жесткости текстильных материалов в отдельных случаях форма спецодежды оказывается недостаточно устойчивой, а повышенная жесткость затрудняет движения, уменьшает износостойчивость деталей спецодежды, не позволяет придавать им требуемую форму. Кроме того, при движениях человека спецодежда повышенной жесткости сминается в жесткие складки, объемы под ней непрерывно меняются, что приводит к активной циркуляции воздуха. Более того, поскольку под одеждой возникают местные зоны повышенного давления, под действием последнего воздух "продавливается" наружу, а на смену ему снизу поступает свежий воздух.

На основе проведенных предварительных экспериментальных исследований установлено, что в утепленной спецодежде повышенная жесткость нежелательна, так как повышается вентилируемость и резко снижаются ее теплозащитные свойства. Однако теплозащитные свойства спецодежды в значительной степени зависят также и от ее конструкции (покроя, степени прилегания и др.). Более теплозащитными являются закрытые конструкции спецодежды: комбинезоны, куртка с брюками, рукава на манжетах, так как они обеспечивают наибольшую герметичность. Спецодежда закрытой конструкции исключает вентиляцию пододежного воздуха, изменение ее теплозащитных свойств при переходе от состояния покоя к движению. Такая одежда более уместна для людей, вынужденных находиться в условиях сильного ветра. Чтобы оградить пододежное пространство от проникновения холодного наружного воздуха, следует в рукавах применять напульсники, ворот закрывать до верха, широко применять пояса или другие конструктивные средства, обеспечивающие прилегание одежды к фигуре по талии и бедрам. Установлено, что конструкцией одежды можно повысить ее теплозащитные свойства до 20%.

Обеспечение указанных требований достигается использованием в модели спецодежды для рабочих строительного и

энергетического комплекса, помимо соответствующих материалов, применением различных конструктивных элементов (рис. 1). Согласование конструктивного строя форм проводится в плане более тонкой проработки стиливого единства форм, но прежде всего с целью обеспечения эргономических свойств изделий. Принципы конструктивного членения формы (вертикальные или горизонтальные, проходящие по наиболее выпуклым и вогнутым частям поверхности, или членения диагональные, плавно переходящие через выпуклые и вогнутые части поверхности) едины в решении комплекса форм спецодежды.



а)

б)

Рис. 1

Как видно из рис. 1-а (модель 1), в спроектированных и изготовленных моделях утепленной спецодежды для рабочих строительного и энергетического комплекса наблюдается необычность форм и размещение отдельных деталей и узлов одежды. Эта необычность обусловлена функциональными и эргономическими требованиями, предъявляемыми к спецодежде. Детальные исследования изготовленной летней спецодежды – модель 2 (рис. 1-б) – привели к выводу о необходимости доста-

точной жесткости, которая достигается в определенных режимах плазменного наноструктурирования тканей с содержанием натуральных волокон [5], обеспечивающих внешнюю форму спецодежды, а также вентиляцию пододежного пространства.

В качестве текстильных материалов с целью изготовления утепленной спецодежды для рабочих строительного и энергетического комплекса применялись в модели 1 – "Парусина полульняная" (59% лен+41% хлопок) с пропиткой, арт.11293, а на отдельных ее узлах – ткань "Сукно шинельное" с огнезащитной пропиткой, артикул 6425, где содержится 87% шерсти и 13% полиэфирной нити. При изготовлении летней спецодежды для рабочих строительного и энергетического комплекса (модель 2) в качестве основной и отделочной ткани применялась ткань "Премьер FR-350" (100% хлопок) с антистатической нитью, арт. 10202АМ.

Обеспечение комфортного состояния человека в спецодежде в основном проверяли по гигиеническим показателям. Основным показателем гигиенических свойств применяемых наноструктурированных текстильных материалов для спецодежды является гигроскопичность – способность ткани поглощать водяные пары из окружающей атмосферы и удерживать их при определенных условиях. Данный показатель определяется в соответствии с ГОСТом 3816–81 [6]. Ткани с определенной гигроскопичностью являются регулятором тепла между телом человека и окружающей средой.

Для оценки изменения гигроскопических свойств наноструктурированных текстильных материалов изучено влияние потока неравновесной низкотемпературной плазмы на капиллярность тканей с содержанием природных волокон. В качестве объекта исследования выбраны текстильные материалы "Премьер FR-350" (100% хлопок) с антистатической нитью, арт. 10202АМ и "Парусина полульняная" (59% лен+41% хлопок) с пропиткой, арт.11293. Наноструктурирование текстильных материалов проводили на полупромышленной

плазменной установке ВАТТ 1500 Р/Р ПЛАЗМА 3, которая предназначена для обработки рулонных тканей из натуральных и смесовых волокон в потоке неравновесной низкотемпературной плазмы пониженного давления в условиях вакуума, с частотой генератора 13,56 МГц в течение 1...2 м/мин, в зависимости от вида материалов. Режим плазменного наноструктурирования текстильных материалов регулировали путем изменения расхода газа  $G$ , давления в вакуумной камере  $P_k$ , мощности разряда  $W_p$  и продолжительности обработки  $t$ .

Результаты определения капиллярности (мм) текстильных материалов "Премьер FR-350" и "Парусина полульняная", обработанных с использованием разных плазмообразующих газов при различной продолжительности обработки  $t$ , представлены на рис. 2.

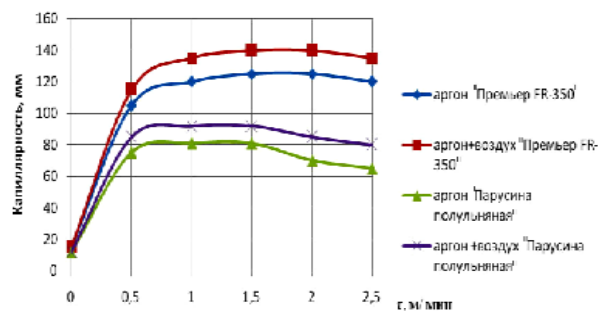


Рис. 2

Из рис. 2 видно, что во всех исследуемых наноструктурированных образцах текстильных материалов наблюдается увеличение капиллярности, причем при сравнении воздействия выбранных плазмообразующих газов их можно выстроить в следующем порядке: аргон – воздух, а затем аргон. При рассмотрении влияния продолжительности плазменного воздействия на капиллярность текстильных материалов отчетливо видно, что с его увеличением до 1 м/мин капиллярность возрастает. Дальнейшее увеличение продолжительности плазменного воздействия приводит к стабилизации значения капиллярности, а после воздействия 2,5 м/мин значительно снижается.

Проводили отработку режимов на плазменной установке для регулирования гигроскопичности экспериментальной партии образцов текстильных материалов, используемых в качестве объектов исследования. Параметры наноструктурирования экспериментальной партии образцов текстильных материалов "Премьер FR-350" (100% хлопок) с антистатической нитью и "Парусина полульняная" (59% лен+41% хлопок) с пропиткой, арт.11293, представлены на рис. 3.

Говоря о влиянии на гигроскопичность текстильных материалов входных параметров ННТП обработки ( $P_k$ ,  $W_p$ ), характеризующих мощность разряда и давление в вакуумной камере, можно отметить, что зависимости носят неярко выраженный экстремальный характер, то есть при достижении максимального значения гигроскопичности при определенной мощности разряда и давления в вакуумной камере начинается плавное снижение значений

данного показателя. Характер полученных зависимостей на рис. 3 (изменение гигроскопичности (%) наноструктурированных текстильных материалов от мощности разряда ( $W_p$ , кВт) и давления в вакуумной камере ( $P_k$ , Па): а) – ткань "Премьер FR-350" (100% хлопок + антистатическая нить), режимы ННТП: ( $G = 0,04$  г/с;  $\tau = 2$  м/мин;  $W_p=3,5$  кВт;  $P_k=18-20$ Па); б) – ткань "Парусина полульняная" (59% лен+41% хлопок), режимы ННТП: ( $G = 0,04$  г/с;  $\tau=1$ м/мин;  $W_p=3,5$  кВт;  $P_k=20-21$ Па)), объясняется тем, что при возрастании значений  $P_k$  и  $W_p$  увеличивается активность плазмы (степень ионизации, кинетическая энергия и т.д.). Дальнейшее понижение гигроскопичности объясняется преобладанием термического воздействия плазмы при повышении данных параметров и, как следствие, термической деструкции, увеличением кристалличности и уплотнением структуры материала.

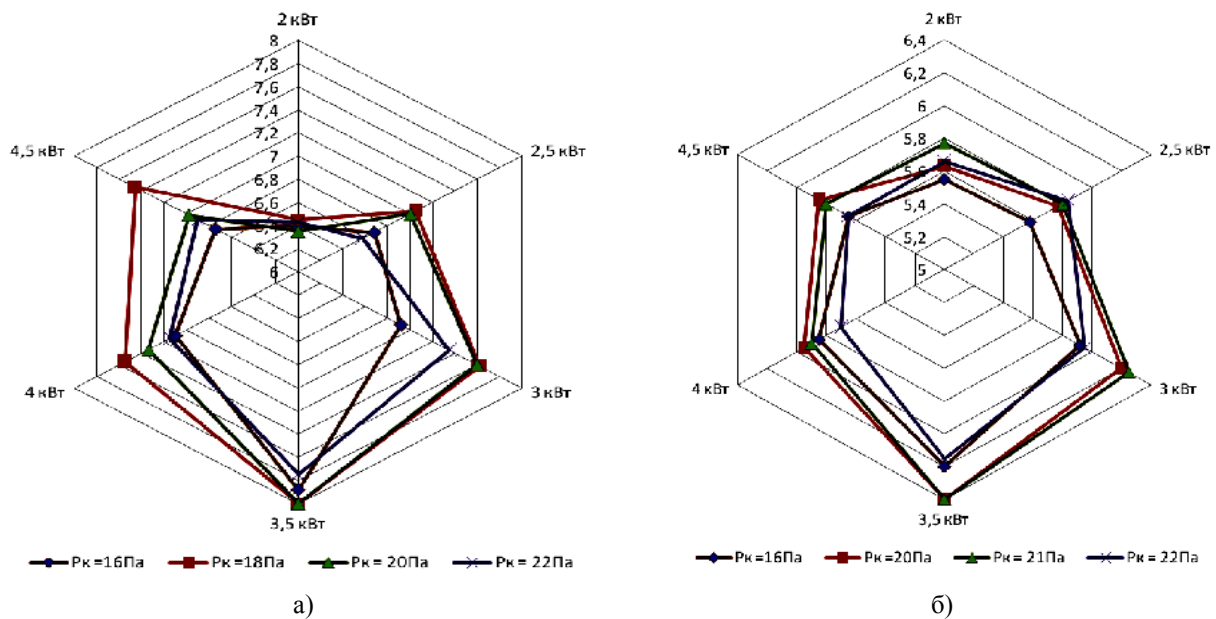


Рис. 3

Таким образом, данный плазменный метод наноструктурирования текстильных материалов потоком ННТП пониженного давления за счет управления их микроструктурой позволяет не только повышать гигиенические показатели тканей для спецодежды, но и обеспечивать комфорт-

ное состояние человека в спецодежде и сохранять их внешнюю форму. Улучшенный дизайн и конструкция моделей спецодежды обеспечивают комфорт и безопасность в различных погодных условиях труда на весь срок их эксплуатации.

1. В процессе проектирования экспериментальных образцов спецодежды из наноструктурированных текстильных материалов "Парусина полульняная" (59% лен+41% хлопок) с пропиткой, арт.11293 и отделанных наноструктурированной тканью "Сукно шинельное" (87% шерсть и 13% полиэфирная нить), арт. 6425 (модель 1), а также из наноструктурированной ткани "Премьер FR-350" (100% хлопок) с антистатической нитью, арт. 10202AM (модель 2) опирались на ведущие требования, предъявляемые к изделиям специального назначения и на гигиенические свойства полученных текстильных материалов.

2. Представленные кинетические кривые свидетельствуют о том, что значения капиллярности при обработке в обоих плазмообразующих газах аргон и аргон+воздух близки. При плазменном наноструктурировании в аргоне максимальная капиллярность достигается за 1м/мин, и в дальнейшем происходит стабилизация этого значения до обработки 2 м/мин. Принимаем во внимание, что при обработке в среде аргона ткани приобретают заметно меньшую капиллярность, чем при обработке в кислородосодержащем газе аргон + воздух. Кроме того, когда наноструктурированию подвергаются более плотные по структуре объекты, плазма аргона обладает меньшей проникающей способностью, по сравнению с кислородосодержащей плазмой. Одной из причин этого является то, что масса атома аргона (40), то есть больше, чем кислорода (16). В результате обработки плазмообразующим газом аргон+воздух максимальные показатели капиллярности в ткани "Премьер FR-350" увеличиваются на 16,6 % и в ткани "Парусина полульняная" – на 15,2%, а гигроскопичность повышается в ткани "Премьер FR-350" на 29 % и в ткани "Парусина полульняная" – на 14% относительно контрольных образцов.

1. Гафурова Н.Т., Сайлиева Д.И., Исмоилов Ж.И. Принципы и методы художественного проектирования спецодежды // Молодой ученый. – 2015, №8. С. 217...220.

2. Хамматова Э.А., Хамматова В.В. Получение полимерно-текстильного материала с повышенными гигроскопическими свойствами для моделей специальной одежды // Вестник Казанского технологического ун-та. – 2011, № 6. С.158...161.

3. ГОСТ Р 12.4.218–99 ССБТ. Одежда специальная. Общие технические требования. – Введ. 01.01.2001. – М.: ИПК: Изд-во стандартов, 2001.

4. ТР ТС 017/2011. Требования технического регламента Таможенного союза "О безопасности продукции легкой промышленности". – Введ. 09.12.2011. – М.: АО "Кодекс", 2011.

5. Хамматова Э.А. Применение метода планирования эксперимента при определении качественных показателей модифицированных тканей для специальной одежды // Вестник Казанского технологического ун-та. – 2014. Т.17. № 5. С.70...71.

6. ГОСТ 3816–81.Ткани текстильные. Методы определения гигроскопических и водоотталкивающих свойств. – Введ.01.05.1981. – М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 1981.

## REFERENCES

1. Gafurova N.T., Sajlieva D.I., Ismoilov Zh.I. Principy i metody hudozhestvennogo proektirovanija specodezhdy // Molodoj uchenyj. – 2015, №8. S.217...220.

2. Hammatova Je.A., Hammatova V.V. Poluchenie polimerno-tekstil'nogo materiala s povyshennymi gigroskopicheskimi svojstvami dlja modelej special'noj odezhdy // Vestnik Kazanskogo tehnologicheskogo unta. – 2011, № 6. S.158...161.

3. GOST R 12.4.218–99 SSBT. Odezhda special'naja. Obshhie tehnicheckie trebovanija. – Vved. 01.01.2001. – М.: ИПК: Изд-во стандартов, 2001.

4. TR TS 017/2011. Trebovanija tehnicheckogo reglamenta Tamozhennogo sojuza "O bezopasnosti produkcii legkoj promyshlennosti". – Vved. 09.12.2011. – М.: АО "Кодекси", 2011.

5. Hammatova Je.A. Primenenie metoda planirovanija jeksperimenta pri opredelenii kachestvennyh pokazatelej modifitsirovannyh tkanej dlja special'noj odezhdy // Vestnik Kazanskogo tehnologicheskogo unta. – 2014. T.17. № 5. S.70...71.

6. GOST 3816–81.Ткани текстильные. Методы определения гигроскопических и водоотталкивающих свойств. – Введ.01.05.1981. – М.: Gosstandart Rossii: Изд-во стандартов, 1981.

Рекомендована кафедрой дизайна. Поступила 20.01.16.