

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

**Ивановский государственный политехнический университет
Институт химии растворов имени Г.А. Крестова Российской академии наук
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
(факультет искусств)
Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина
(Технологии. Дизайн. Искусство)**

Официальный индустриальный партнёр ООО «ТЕРМОПОЛ»

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ
XXVI Международного
научно-практического форума
«SMARTEX – 2023»**

**«ФИЗИКА ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ:
СТРУКТУРА, СВОЙСТВА, НАУКОЁМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ
И МАТЕРИАЛЫ»**

**4-5 октября 2023 года
(Ивановский государственный политехнический университет)**

Иваново 2023

УДК 677.1/5:5

Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы: сб. материалов XXVI Междунар. науч.-практ. форума «SMARTEX-2023», 4–5 октября 2023 года. – Иваново: ИВГПУ, 2023.– 235 с.

Рецензенты:

д-р техн. наук, гл. науч. сотр. Н.П. Пророкова (Институт химии растворов имени Г.А. Крестова РАН), д-р техн. наук, проф. Н.Л. Корнилова (Ивановский государственный политехнический университет, ООО «Инжиниринговый центр текстильной и легкой промышленности», г. Иваново), д-р техн. наук, проф. М.Ю. Трещалин (Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова), д-р техн. наук, проф. М.В. Киселёв (Костромской государственный университет), д-р техн. наук, проф. А.Ю. Матрохин (Ивановский государственный политехнический университет)

ISSN 2413-6514

Состав Организационного комитета

Сопредседатели

Румянцев Е.В.	д-р хим. наук, ректор Ивановского государственного политехнического университета
Трещалин М.Ю.	д-р техн. наук, профессор Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова

Члены редакционной коллегии

Богаделина А.В.	ген. директор ОАО ХБК «Шуйские ситцы» (г. Шуя, Ивановская область)
Бузник В.М.	акад. РАН, д-р хим. наук, профессор, начальник лаборатории Всероссийского научно-исследовательского института авиационных материалов (Москва)
Кашеев О.В.	канд. психол. наук, профессор Российского государственного университета им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство.) (Москва)
Киселев М.В.	д-р техн. наук, профессор Костромского государственного университета
Конов А.Н.	заместитель генерального директора ООО «ТексХолдинг» (г. Иваново)
Корнилова Н.Л.	д-р техн. наук, профессор, ген. директор ООО «Инжиниринговый центр текстильной и легкой промышленности» (г. Иваново)
Кричевский Г.Е.	д-р техн. наук, профессор, президент Российского союза химиков-текстильщиков и колористов, гл. редактор журнала «НБИКС – Наука. Технологии» (Москва)
Лекишвили Н.Г.	д-р хим. наук, профессор Тбилисского государственного университета им. Иванэ Джавахишвили, президент Союза химиков Грузии (Республика Грузия)
Новосад Т.Н.	канд. техн. наук, проректор по науке и технологическому предпринимательству Ивановского государственного политехнического университета
Одинцова О.И.	д-р техн. наук, профессор, заведующая кафедрой «Химическая технология волокнистых материалов» Ивановского государственного химико-технологического университета
Пророкова Н.П.	д-р техн. наук, профессор, гл. научн. сотр. Института химии растворов имени Г.А. Крестова РАН (г. Иваново), профессор Ивановского государственного политехнического университета
Савинов В.С.	испол. директор Российского Союза химиков (Москва)
Федорова Т.А.	руководитель Дирекции Технологической платформы «Текстильная и легкая промышленность» (г. Казань)

ИССЛЕДОВАНИЕ КРАТКОСРОЧНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ВОДНОЙ СРЕДЫ НА ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ

STUDY OF SHORT-TERM IMPACT OF WATER ENVIRONMENT ON STRENGTH CHARACTERISTICS OF NONWOVEN MATERIALS

М.С. Лисаневич¹, О.В. Ильина², В.В. Иванов³
M.S. Lisanevich¹, O.V. Il'ina², V.V. Ivanov³

¹Казанский национальный исследовательский технологический университет

²Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

³ООО «Термопол» (Москва)

¹Kazan National Research Technological University

²Lomonosov Moscow State University

³Thermopol LLC (Moscow)

E-mail: lisanevichms@gmail.com

В результате анализа изменений прочностных характеристик нетканого материала в ходе краткосрочного экспонирования в естественных условиях р. Москва показано отсутствие изменений разрывной прочности и незначительный рост воздухопроницаемости экспонированных образцов в сравнении с контрольным.

Ключевые слова: модификация, нетканые материалы, холлофайбер, воздействие водной среды, биодеструкция, полирециклинг.

During the short-term exposure in the natural conditions of the Moscow River, the absence of changes in the tensile strength and a slight increase in the air permeability of the exposed samples in comparison with the control were shown.

Keywords: modification, nonwoven materials, hollowfiber, impact of aquatic environment, biodestruction, polyrecycling.

За очень короткий для промышленности срок нетканые материалы из химических волокон (преимущественно, ПЭТФ) стали альтернативой или в некоторых случаях даже полной заменой материалам из натуральных и искусственных компонентов: более практичной, надёжной, безопасной, соответствующей принципам циклической экономики, осознанного потребления. Особый практический интерес представляют материалы, произведённые с использованием принципов полирециклинга [1], которые заключаются в многократной, а не однократной, циклической переработке материалов, позволяющей значительно сократить термическую утилизацию отходов либо их захоронивание на полигонах, на ТКО.

На сегодняшний день крайне недостаточно изученными остаются вопросы о механизме и кинетике биодеградации полиэфирных волокон в биологических средах. Вместе с тем, эти вопросы являются очень важными для изучения потребительских свойств и экологического следа столь распространившихся во всех отраслях промышленности нетканых материалов, которые занимают всё большую долю в так называемых «текстильных отходах», мировой объём которых к 2030 году прогнозируется до 134 млн.тонн [2].

Объект испытания: объёмный нетканый термоскреплённый материал Холлофайбер® ЭКОСОФТ, артикул Р24150 (производства ООО «Термопол», г. Москва), поверхностная плотность – 150 г/м², изготовленный с применением вторичного и переработанного сырья ПЭТ и являющийся продуктом полирециклинга.

Образцы материала размером 35x25 см были размещены на заякоренной планке и экспонировались в естественных условиях в Строгиносском затоне на акватории р. Москва на двух профилях: придонном (глубина около 6 м) и поверхностном (глубина около 0,5 м). Время экспонирования составило 43 дня (с 14 марта по 26 апреля 2023 г.)

Были изучены показатели воздухопроницаемости, прочности при разрыве экспонированных образцов в сравнении с контрольным, не подвергавшимся экспонированию.

Воздухопроницаемостью называется способность материалов пропускать воздух. Как известно, показатель воздухопроницаемости относится к важнейшим характеристикам текстильных материалов, определяющим комфортность конечного изделия. Воздухопроницаемость нетканых материалов напрямую зависит от состава и плотности материала.

Воздухопроницаемость, определяемая при постоянной разнице давлений, зависит от ряда факторов: от конструкции, изотропной структуры волокнистого состава, пористости нетканого материала, вида переплетения, вида отделки, влажности нетканого материала, количества слоев в одежде и т.д. На сопротивление, оказываемое нетканым материалом потоку проходящего воздуха, оказывает влияние наличие сквозных пор, а, именно, количество, размер и форма пор. При одинаковой площади пор воздухопроницаемость нетканых материалов может быть различной; у материалов из тонких волокон или нитей с мелкими порами она меньше, чем воздухопроницаемость материалов с крупными порами. Воздух, просачиваясь через материал под влиянием разности давлений, совершает работу. Часть работы затрачивается на трение воздуха о нетканый материал, часть – на преодоление инерционных сил внешней среды. Чем меньше поры, тем больше трение воздуха о материал, тем меньше воздухопроницаемость [4].

Сущностью данного метода является определение скорости потока воздуха, проходящего перпендикулярно через образец для испытаний при заданном давлении воздуха.

Методика испытаний изложена в стандарте ISO 9073-15:2007 «Текстиль. Методы испытания нетканых материалов. Часть 15. Определение воздухопроницаемости». Испытаний проводились на приборе марки А0003-РС (производства IDM Instrument).

Определение разрывной нагрузки и относительного удлинения при растяжении нетканого материала по ГОСТ Р 53226-2008 проводилось на разрывной машине Zwick/Roell/VT1-FR2.5TH.140.

На рис. 1 представлены данные прочности при разрыве нетканого материала марки Холлофайбер® ЭКОСОФТ, артикул Р24150.

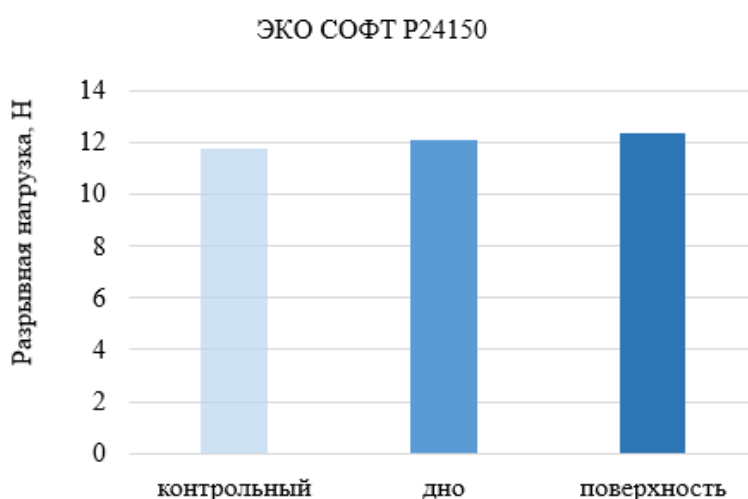


Рис. 1. Разрывная нагрузка нетканого материала Холлофайбер® ЭКОСОФТ

Разрывная нагрузка нетканого материала Холлофайбер® ЭКОСОФТ, артикул Р24150 при экспонировании в речной воде, в течение 43 сут., практически не изменяется.

На рис. 2 представлены данные по воздухопроницаемости образцов исследуемого материала. Этот показатель для образцов, экспонированных в речной воде, на 10% превышает аналогичный показатель в контрольном образце. Различия между донным и поверхностным образцами находятся в пределах погрешности метода. Повышение воздухопроницаемости в

ходе экспонирования, вероятно, связано с расширением расстояний между волокнами вследствие воздействия организмов-обрастателей, в первую очередь – микроводорослевых сообществ.

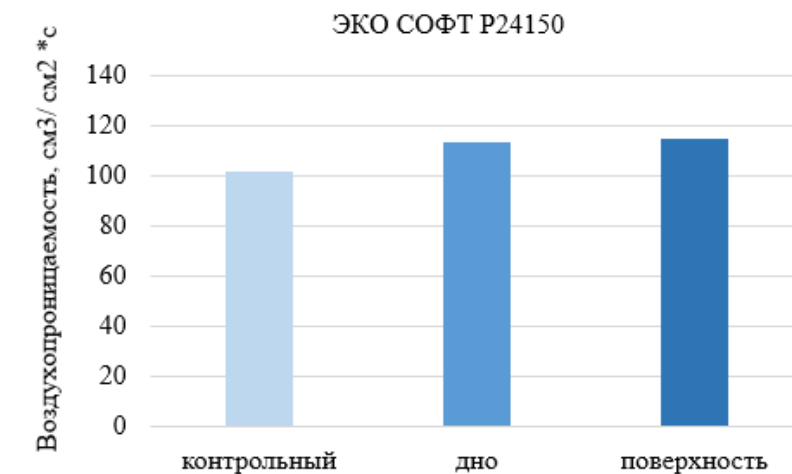


Рис 2. Воздухопроницаемость нетканого материала Холлофайбер® ЭКОСОФТ

Таким образом, экспонирование нетканого материала Холлофайбер® ЭКОСОФТ в Москве-реке продемонстрировало, что такие показатели как разрывная нагрузка и воздухопроницаемость при краткосрочном воздействии водной среды практически не меняются.

Выводы:

1. В ходе краткосрочного экспонирования нетканого материала, являющегося продуктом полирециклинга, в условиях речной экосистемы не было выявлено изменений в разрывной прочности материала.

2. В ходе краткосрочного экспонирования нетканого материала, являющегося продуктом полирециклинга, в условиях речной экосистемы было выявлено незначительное повышение показателя воздухопроницаемости вследствие воздействия микроводорослевых сообществ. При этом различия между образцами, экспонированными в придонном и поверхностном профилях, практически отсутствовали.

3. Задачей дальнейших комплексных исследований является увеличение срока экспонирования, расширение ассортимента испытуемых образцов нетканых материалов, анализ возможностей компонентной структуры для создания нетканых материалов [5], устойчивых к биодеструкции, следовательно, актуальных для полирециклинга [6], технологическая роль которого возрастает в связи с увеличением доли перерабатываемых первичных углеводородных компонентов и, соответственно, возрастающего объёма вторичного ПЭТФ-сырья, требующего вовлечения в циклические промышленные циклы без деструктивных свойств и, как следствие, без существенного снижения качества изделий текстильной и лёгкой индустрий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Актуальные вопросы исследований и внедрений вторичного волокнистого ПЭТФ-сырья производства компаний Республики Узбекистан в нетканые материалы производства компаний Российской Федерации / Е. Б. Письменская, А. В. Силаков, С. Ш. Ташпулатов, В. В. Иванов // Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукoмкие технологии и материалы (SMARTEX). – 2022. – № 1. – С. 17-23. – DOI 10.47367/2413-6514_2022_1_17. – EDN OPFIGA.
2. Азанова, А. А. Технологии переработки текстильных отходов: проблемы и перспективы / А. А. Азанова, Л. Г. Хисамиева // Известия высших учебных заведений. Технология

- текстильной промышленности. – 2023. – № 3(405). – С. 257-263. – DOI 10.47367/0021-3497_2023_3_257. – EDN MAYVKV.
3. Исследование структуры и свойств нетканых объемных материалов в зависимости от содержания полиэфирных микроволокон Мезенцева Е.В., Иванов В.В., Мишаков В.Ю. Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2019. № 5 (383). С. 54-60.
4. Влияние радиационной стерилизации на воздухопроницаемость и структуру нетканого материала Холлофайбер® Лисаневич М.С., Галимзянова Р.Ю. Бутлеровские сообщения. 2021. Т. 68. № 11. С. 138-143.
5. Мезенцева, Е. В. Теоретические основы разработки и исследования многофункциональных волокнистых систем в условиях интеллектуализации производственных процессов / Е. В. Мезенцева, В. Ю. Мишаков // Актуальные вопросы экономики, коммерции и сервиса : Сборник научных трудов кафедры коммерции и сервиса. – Москва: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)", 2023. – С. 110-116. – EDN RGYTGG.
6. Иванов, В. В. Проблемы сырьевого обеспечения текстильной и лёгкой промышленности (на примере полиэфирных волокон для нетканых материалов) / В. В. Иванов // Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX). – 2019. – № 1-1. – С. 36-39. – EDN JRBHNQ.

СПЕЦИФИКА ДОСТИЖЕНИЯ ВОЛОКНИСТЫМИ МАТЕРИАЛАМИ ВЫСОКОЙ СПОСОБНОСТИ К ВОДООТТАЛКИВАНИЮ: КАК СДЕЛАТЬ ТКАНЬ СУПЕРГИДРОФОБНОЙ?

SPECIFICITY OF ACHIEVEMENT OF HIGH WATER REPELLENT ABILITY BY FIBER MATERIALS: HOW TO MAKE FABRIC SUPERHYDROPHOBIC?

Н.П. Пророкова^{1,2}
N.P. Prorokova^{1,2}

¹Институт химии растворов им. Г.А. Крестова Российской академии наук
(Россия, Иваново)

²Ивановский государственный политехнический университет (Россия, Иваново)

¹G.A. Krestov Institute of Solution Chemistry of Russian Academy of Science (Russia, Ivanovo)

²Ivanovo State Polytechnic University (Russia, Ivanovo)

E-mail: npp@isc-ras.ru

Рассмотрены особенности ткани как объекта гидрофобизации. Предложены эффективные пути придания тканям высокой гидрофобности. Проанализированы возможности использования для придания тканям высокой гидрофобности различных видов низкомолекулярного политетрафторэтилена.

Ключевые слова: водоотталкивающие свойства, супергидрофобная ткань, низкомолекулярный политетрафторэтилен

The features of fabric as an object of hydrophobization are considered. Effective ways to impart high hydrophobicity to fabrics have been proposed. The possibilities of using various types of low molecular weight polytetrafluoroethylene to impart high hydrophobicity to fabrics are analyzed.

Key words: water-repellent properties, superhydrophobic fabric, low molecular weight polytetrafluoroethylene

Гидрофобные текстильные материалы, т.е. материалы, обладающие способностью не смачиваться водой, пользуются в настоящее время повышенным спросом. Основным показателем гидрофобности материала является краевой угол смачивания, который должен превышать 90° . В настоящее время предметом особого внимания исследователей являются высокогидрофобные материалы – (ультрагидрофобные - $\theta > 120^\circ$ и супергидрофобные $\theta > 150^\circ$). Согласно современным воззрениям, придание высокой гидрофобности ткани, также как и любому твердому телу, можно обеспечить за счет совместного действия двух факторов [1-5]. К ним относятся понижение поверхностной энергии с помощью изменения химического состава поверхности, чаще всего, за счет нанесения на поверхность вещества с более низкой поверхностной энергией (гидрофобизатора), а также текстурирование поверхности для придания ей многомодальной шероховатости.

Мы рассмотрим, в первую очередь, гидрофобизацию полиэфирной ткани. Несмотря на то, что полиэфирное волокно известно как гидрофобное, ткани, выработанные из него и характеризующиеся сложной капиллярно-пористой структурой, не обладают свойствами водоотталкивания: капли жидкости, попавшие на них, моментально впитываются в межволоконные пространства.

Смачивание тканей обладает рядом особенностей, связанных со сложной структурой волокнистых материалов. Как известно, полиэфирная ткань образована переплетением комплексных текстильных нитей. Комплексные нити состоят из элементарных нитей (филаментов), имеющих цилиндрическую форму. Таким образом, поверхность ткани носит не сплошной, а дискретный характер, и образована множеством выпуклых элементов. В работах академика Бойнович Л.Б. с соавторами показано, что для выпуклых поверхностей краевой угол

смачивания выше, чем для плоскости [6]. Кроме того, ряд авторов установил, что ткань, благодаря своему сложному переплетению, обладает многомодальной шероховатостью [4,7]. Указанные факторы создают благоприятные условия гидрофобизации ткани и способствуют достижению более высоких краевых углов смачивания по сравнению с обработкой пленок аналогичного химического состава тем же самым гидрофобизатором.

Задача придания волокнистому материалу гидрофобных свойств осложняется высокими требованиями, предъявляемыми к качественным характеристикам готовых тканей. В частности, важно, чтобы готовая ткань сохраняла хорошие воздухо- и паропроницаемость, т.е. способность «дышать». Это означает, что покрытие не должно перекрывать межниточные и межфиламентные пространства. После гидрофобизации ткань не должна приобретать слишком высокую жесткость. Это диктует дополнительные требования к жесткости покрытия на основе гидрофобизатора, которая характеризует его пластические свойства [8].

Кроме того, ткань с водоотталкивающими свойствами должна характеризоваться не только высоким краевым углом смачивания, но и низким водопоглощением [9-11]. Водопоглощение оценивается количеством воды, удерживаемой образцом ткани после полного погружения его в жидкость в течение одного часа. Ясно, что для достижения низкого водопоглощения ткани необходимо, чтобы вода не проникала под покрытие. Этого можно добиться в случае формирования сплошного покрытия, имеющего минимальное количество дефектов. Кроме того, чтобы покрытие приобрело шероховатость за счет повторения микрорельефа ткани, оно должно быть ультратонким. Наконец, полученный эффект должен сохраняться в течение длительного времени, т.е. сформированное покрытие должно быть устойчиво к эксплуатационным воздействиям – трению, стиркам, химчисткам.

Наиболее низкой поверхностной энергией характеризуются покрытия на основе политетрафторэтилена (ПТФЭ), однако формирование их на ткани до сих пор являлось технологически неосуществимым. Несколько более высокой поверхностной энергией обладают другие фторсодержащие соединения [12]. На практике для снижения поверхностной энергии тканей используют обработку их эмульсиями или дисперсиями препаратов, наиболее эффективными из которых являются фторированные углеводороды. Формируемые покрытия характеризуются большой толщиной, неравномерностью, обладают дефектами структуры, через которые проникает вода. Поэтому обработанные ткани характеризуются высоким водопоглощением. Кроме того, нанесенные покрытия недостаточно устойчивы к эксплуатационным воздействиям.

Указанных недостатков можно избежать при формировании покрытий не из эмульсий или дисперсий, а из растворов. Однако традиционно применяемые в отделочном производстве текстильной промышленности фторсодержащие гидрофобизаторы не растворяются в воде, что диктует необходимость использования нетрадиционных растворителей. Другим серьезным недостатком существующих технологий является то, что применяемые фторуглероды чаще всего являются производными перфтороктановой кислоты (это связано с тем фактом, что гидрофобные свойства фторсодержащие соединения начинают проявлять с увеличением длины цепи до 8 звеньев), а перфтороктановая кислота и её производные являются канцерогенами [13]. В связи с этим были введены ограничения на их использование. Но известно большое количество других фторсодержащих препаратов, которые можно использовать в качестве гидрофобизаторов для ткани. Например, в работах [14, 15] для формирования покрытий с высокой гидрофобностью применяются препараты на основе фторалкилсиланов, в [16, 17] – препараты на основе политетрафторэтилена. Однако все эти гидрофобизаторы являются нерастворимыми в воде, в связи с чем также наносятся на ткань, в основном, из эмульсий или дисперсий. Хотя ткань после обработки характеризуется высокими краевыми углами смачивания, достигнутый эффект является метастабильным, т.к. ткани не удается придать низкое водопоглощение. Сформированные покрытия также являются недостаточно устойчивыми к эксплуатационным воздействиям.

Таким образом, целесообразно уходить от использования традиционных гидрофобизаторов, что можно осуществить при замене существующих технологий гидрофобизации новыми.

В Институте химии растворов РАН развиваются новые, лишенные отмеченных недостатков, способы поверхностного модифицирования синтетических тканей, в основу которых положены материалы, облегчающие процесс нанесения фторполимерных покрытий (разработки исследователей из организаций, входящих в состав консорциума «Фторполимерные материалы и нанотехнологии»). В частности, используются растворы низкомолекулярной фракции ультрадисперсного порошка политетрафторэтилена марки «Форум» в сверхкритическом диоксиде углерода и растворы теломеров тетрафторэтилена в различных растворителях, синтезированные с использованием метода радиационной теломеризации. Эти подходы позволяют избежать указанных недостатков благодаря тому, что формирование покрытий осуществляется не из эмульсий или дисперсий, а из растворов.

Один из новых способов гидрофобизации полиэфирных текстильных материалов основан на формировании низкоэнергетического покрытия из растворов низкомолекулярной фракции ультрадисперсного ПТФЭ торговой марки «Форум» в сверхкритическом диоксиде углерода (СК-СО₂). СК-СО₂ обеспечивает высокую растворимость гидрофобных препаратов и абсолютную смачиваемость поверхности гидрофобных полимерных материалов, способствует набуханию полиэфирных волокон. Ультрадисперсный ПТФЭ с товарным знаком «Форум», разработанный Институтом химии ДВО РАН, является продуктом термогазодинамической деструкции промышленного ПТФЭ. Он состоит из композиции перфторированных линейных цепей $(-CF_2-)_n$ со средним числом звеньев более 100 и низкомолекулярной фракции из олигомеров со средним размером порядка 13-16 звеньев, хорошо растворимой в СК-СО₂.

Нанесение низкомолекулярного ПТФЭ на полиэфирную ткань проводится с помощью установки высокого давления. Формирование пленки осуществляется посредством контролируемого уменьшения растворимости низкомолекулярного политетрафторэтилена в СК-СО₂ за счет снижения давления и температуры [18-26].

Другим перспективным материалом для создания ультратонких покрытий являются растворы теломеров тетрафторэтилена (ТФЭ) в ацетоне, хлористом бутиле или триметилхлорсилане, которые, в отличие от ультрадисперсного ПТФЭ, получают полимеризацией мономеров ТФЭ в органическом растворителе. Теломеры ТФЭ разработаны и синтезируются в Институте проблем химической физики РАН с использованием радиационно-химического инициирования реакции полимеризации мономеров тетрафторэтилена (γ -излучение ⁶⁰Co). В результате образуется смесь гомологических низкомолекулярных соединений, содержащая более 90% теломеров. Нанесение раствора теломеров на подложку осуществлялось с помощью пульверизатора или погружением образца в раствор с последующим испарением растворителя при термообработке ткани (150°C). После удаления растворителя происходит образование фторсодержащего покрытия. Для достижения различного содержания ТФЭ на ткани осуществляли одно- и многократное нанесение теломеров [26-34 Комаров М.В., Потемин Н.О., Кумеева Т.Ю., Пророкова Н.П. Гидрофобизация полиэфирных волокнистых материалов фторсодержащими полимерами и олигомерами // Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы: сб. материалов XXIII Междунар. науч.-практ. форума «SMARTEX-2020». – Иваново: ИВГПУ, 2020.– С. 192-196].

При обработке полиэфирной ткани раствором низкомолекулярной фракции ультрадисперсного ПТФЭ из среды СК-СО₂ на поверхности образующих её нитей формируется ультратонкое покрытие, обладающее низкой энергией, чрезвычайно упорядоченной структурой и высокой устойчивостью к эксплуатационным воздействиям.

Использование растворов теломеров ТФЭ, синтезированных в ацетоне, бутилхлориде и триметилхлорсилане, позволяет сформировать на поверхности волокон ткани покрытие, которое после термообработки образует тонкую фторполимерную пленку, придающую

полиэфирным тканям ультрагидрофобность. Наиболее высокий краевой угол смачивания достигается при использовании растворов теломеров ТФЭ, синтезированных в хлористом бутиле, наиболее низкое значение водопоглощения ткани наблюдается при использовании растворов теломеров ТФЭ, синтезированных в триметилхлорсилане.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Установлено, что растворы низкомолекулярного ПТФЭ, вне зависимости от способа получения последнего, являются эффективными гидрофобизаторами для полиэфирных тканей, использование которых может обеспечить придание тканям высокого краевого угла смачивания и низкого водопоглощения. Основное их отличие связано с разной пластичностью формируемых покрытий, характеризуемых показателем жесткости покрытий. Мы показали, что жесткость является важной характеристикой, от которой зависит качество и долговечность гидрофобной обработки ткани, а также ряд других её потребительских свойств.

ЛИТЕРАТУРА

1. Park S., Kim J., Park C.H. Superhydrophobic Textiles: Review of Theoretical Definitions, Fabrication and Functional Evaluation // *J. Eng. Fiber Fabr.* – 2015. – V. 10. – P. 1-18.
2. Li. S., Huang J., Chen, Z., Chena G., Lai Y. A review on special wettability textiles: theoretical models, fabrication technologies and multifunctional applications// *J. Mater. Chem. A* – 2017. –V. 5. – P. 31–55.
3. Jeevahan, J., Chandrasekaran M., Joseph G.B., Durairaj R.B., Mageshwaran G. Superhydrophobic surfaces: a review on fundamentals, applications, and challenges // *J. Coat. Technol. Res.* – 2018. – V. 15. – P. 231–250.
4. Ramaratnam K., Iyer S.K., Kinnan M.K., Chumanov G., Brown P.J., Luzinov I. Ultrahydrophobic Textiles Using Nanoparticles: Lotus Approach // *J. Eng. Fiber Fabr.* – 2008. – V. 3. – P. 1-14.
5. Latthe S.S., Gurav A.B., Maruti C.S., Vhatkar R.S. Recent Progress in Preparation of Superhydrophobic Surfaces: A Review // *JSEMAT 2012.* – V. 2. – P. 76-94.
6. Boinovich L., Emelyanenko A. The prediction of wettability of curved surfaces on the basis of the isotherms of the disjoining pressure // *Colloids Surf. A: Physicochem. Eng. Aspects.* – 2011. – V. 383. – P. 10–16.
7. Gao L.C., McCarthy T. J. Teflon is hydrophilic. Comments on definitions of hydrophobic, shear versus tensile hydrophobicity, and wettability characterization // *Langmuir.* – 2008. – V. 24,. – P. 9183 -9188.
8. Prorokova N.P., Kumeeva T.Yu., Novikov V.V., Holodkov I.V. Regulation of the tribological characteristics of polyester fabrics by surface modification using tetrafluoroethylene telomeres // *J. Frict. Wear.* – 2018. – V. 39. – V. 121-128.
9. Halimatul M.J., Sapuan S.M., Jawaid M., Ishak M.R., Ilyas R.A. Water absorption and water solubility properties of sago starch biopolymer composite films filled with sugar palm particles // *Polimery.* - 2019. – V. 64. – P. 27 – 35.
10. Ilyas R.A., Sapuan S.M., Atiqah A., Rushdan I., Hairul A., Ishak M.R., Zainudin E.S., Nurazzi N.M., Atikah M.S.N., Ansari M.N.M., Asyraf M.R.M., Supian A.B.M., Ya Hamdan. Sugarpalm (*Arengapinnata* [Wurmb.] Merr) starch films containing sugar palm nanofibrillated cellulose as reinforcement: Water barrier properties // *Polym. Compos.* – 2019. – V. 41. – P. 459 - 467.
11. Prorokova N.P., Kumeeva T.Yu., Kiryukhin D.P., Kichigina G.A., Kushch P.P. Coatings based on tetrafluoroethylene telomeres synthesized in trimethylchlorsilane for obtaining highly hydrophobic polyester fabrics // *Prog. Org. Coat.* – 2020. – V. 139. - 105485.
12. Petrie E.M. Handbook of adhesives and sealants, 2nd ed.; The McGraw-Hill Companies, Inc., USA, 2007.
13. Armitage J.M., MacLeod M., Cousins I.T. Comparative Assessment of the Global Fate and Transport Pathways of Long-Chain Perfluorocarboxylic Acids (PFCAs) and Perfluorocarboxylates (PFCs) Emitted from Direct Sources // *Environmental Science & Technology.* – 2009. – V. 43. – P. 5830-5836.

14. Xue C.-H., Zhang P., Ma J.-Z., Ji P.-T., Li Y.-R., Jia S.-T. Long-lived superhydrophobic colorful surfaces // *Chem. Commun.* – 2013. – V. 49. – P. 3588.
15. Schondelmaier D., Cramm S., Klingeler R., Morenzin J., Zilken C., Eberhardt W. Orientation and self-assembly of hydrophobic fluoroalkylsilanes // *Langmuir.* – 2002. – V.18. – P. 6242-6245.
16. Oner D., McCarthy J.T. Ultrahydrophobic surfaces. Effects of topography length scales on wettability // *Langmuir.* – 2000. – V. 16. – P. 7777-7782.
17. Minko S., Müller M., Motornov M., Nitschke M., Grundk K., Stamm M. Two-level structured self-adaptive surfaces with reversibly tunable properties // *J. Am. Chem. Soc.* – 2003. – V. 125. – P. 3896-3900.
18. Вавилова С.Ю., Пророкова Н.П., Калинин Ю.А. Проблема циклических олигомеров в процессе колорирования и переработки полиэфира и пути её решения // *Химич. волокна.* -2003. - № 2. - С. 35 - 37.
19. Пророкова Н.П., Кумеева Т.Ю., Никитин Л.Н. Олигомеры этилентерефталата в процессах модифицирования полиэфирных тканей в среде сверхкритического диоксида углерода // *Сверхкритические флюиды: Теория и практика.* - 2012. - Т.7, № 1. - С. 36-46.
20. Пророкова Н.П., Кумеева С.Ю., Завадский А.Е., Никитин Л.Н. Модификация поверхности полиэтилентерефталатных тканей посредством нанесения гидрофобизирующего покрытия в среде сверхкритического диоксида углерода // *Хим. волокна.* - 2009. - № 1. – С. 26-30.
21. Кумеева Т.Ю., Пророкова Н.П., Никитин Л.Н., Завадский А.Е. Придание полиэфирному волокнистому материалу сверхгидрофобных свойств на основе использования раствора низкомолекулярного политетрафторэтилена в сверхкритическом диоксиде углерода // *Новое в полимерах и полимерных композитах.* - 2012. - № 1. - С. 134-146.
22. Исследование покрытия полиэфирных волокон политетрафторэтиленом в сверхкритическом диоксиде углерода / Кумеева Т.Ю., Пророкова Н.П., Холодков И.В., Пророков В.Н., Буяновская А.Г., Кабаева Н.М., Гумилева Л.В., Бараковская И.Г., Таказова Р.У. // *Журн. прикл. химии.* - 2012. - Т.85, Вып.1. – С. 151-156.
23. Пророкова Н.П., Кумеева Т.Ю., Никитин Л.Н., Бузник В.М. Придание сверхгидрофобных свойств полиэфирным тканям на основе использования растворов низкомолекулярной фракции ультрадисперсного политетрафторэтилена в сверхкритическом диоксиде углерода // *В кн.: Растворы в химии и технологии модифицирования полимерных материалов: новое в теории и практике / Отв. ред. А.Ю. Цивадзе. Иваново: ОАО «Издательство «Иваново», 2014. – С. 401 -457.*
24. Кумеева Т.Ю., Пророкова Н.П. Ультратонкие гидрофобные покрытия, полученные на полиэтилентерефталатных материалах из среды сверхкритического диоксида углерода с соразработителями // *Журнал физической химии* - 2018. - Т. 92, № 2. -С. 306-312.
25. Prorokova N.P., Kumeeva T.Yu., Kholodkov I.V. Wear-Resistant Hydrophobic Coatings from Low Molecular Weight Polytetrafluoroethylene Formed on a Polyester Fabric // *Coatings.* – 2022. – V. 12. – 1334.
26. Пророкова Н.П., Кумеева Т.Ю., Кирюхин Д.П., Никитин Л.Н., Бузник В.М. Придание полиэфирным тканям повышенной гидрофобности: формирование на поверхности волокон ультратонкого водоотталкивающего покрытия // *Рос. хим. журн. (Журн. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева).* – 2011. – Т.55. – №3. – С. 14- 23.
27. Kumeeva, T.Yu.; Prorokova, N.P.; Kichigina, G.A. Hydrophobization of polyester textile materials with solutions of tetrafluoroethylene telomers synthesized in acetone and butyl chloride: Properties and structure of coatings // *Prot. Met. Phys. Chem. Surf.* – 2015. – V. 51. – P. 579 – 586.
28. Prorokova, N.P.; Kumeeva, T.Yu.; Khorev, A.V.; Buznik, V.M.; Kiryukhin, D.P.; Bol'shakov, A.I.; Kichigina, G.A. Giving polyester textile materials high water repellency by treating them with a solution of tetrafluoroethylene telomers // *Fibre Chem.* – 2010. – V. 42. – P. 103-108.
29. Prorokova, N.P.; Kumeeva, T.Yu.; Kiryukhin, D.P.; Buznik, V.M. Hydrophobization of polyester textile materials with telomeric tetrafluoroethylene solution // *Rus. J. Appl. Chem.* -2013. – V. 86. – P. 69-75.

30. Kiryukhin, D.P.; Prorokova, N.P.; Kumeeva, T.Yu.; Kichigina, G.A.; Bol'shakov, A.I.; Kushch, P.P.; Buznik, V.M. Radiation-chemical synthesis of tetrafluoroethylene telomeres in butyl chloride and their use for imparting superhydrophobic properties to a polyester fabric // *Inorg. Mater. Appl. Res.* – 2014. – V. 5. – P. 173-178.
31. Kichigina G.A., Kushch P.P., Prorokova N.P., Kumeeva T.Yu. Use of radiation-synthesized tetrafluoroethylene telomers with silane and groups for hydrophobization of polyester fabric // *High Energy Chem.* – 2020. V. 54. – P. 123-129.
32. Prorokova N.P., Kumeeva T.Yu., Zavadskii A.E., Nikitin L.N. Modification of the surface of poly(ethylene terephthalate) fabrics by application of a water-repellent coating in supercritical carbon dioxide medium // *Fibre Chem.* – 2009. – V. 41. – P. 29-33.
33. Комаров М.В., Потемин Н.О., Кумеева Т.Ю., Пророкова Н.П. Гидрофобизация полиэфирных волокнистых материалов фторсодержащими полимерами и олигомерами // *Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы: (SMARTEX).* – 2020, № 1. – С. 192-196.
34. Сивяков С.О., Кумеева Т.Ю., Холодков И.В., Пророкова Н.П. Оценка возможности дополнительного повышения гидрофобных свойств полиэфирной ткани, обработанной теломерами тетрафторэтилена, с помощью текстурирования покрытия наноразмерным диоксидом кремния // *Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX).* - 2021.– С. 150-154

ВОЗДУХО- И ВОДОПРОНИЦАЕМОСТЬ НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ

AIR AND WATER PERMEABILITY OF NONWOVEN MATERIALS

М.Ю. Трещалин, Ю.М. Трещалин

M.Yu. Treshchalin, Yu.M. Treshchalin

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Lomonosov Moscow State University

E-mail: mtreschalin@mail.ru, antropog@yandex.ru

В статье рассматриваются вопросы проницаемости нетканых полотен. Приводится информация из существующих Государственных стандартов, дается анализ экспериментальных данных по определению скорости движения воздуха в поровом пространстве, а также характеристик процесса самопроизвольного впитывания жидкости. В результате исследования получены уравнения, позволяющие вычислить воздухо и водопроницаемость в зависимости от плотности, пористости и толщины материалов.

Ключевые слова: нетканый материал, проницаемость, фильтрация, вязкость, волокнистый состав, технология, математические зависимости, плотность, пористость, условия эксплуатации.

The article deals with the permeability of non-woven fabrics. Information is given from existing State standards, an analysis of experimental data is given to determine the speed of air movement in the pore space, as well as the characteristics of the process of spontaneous absorption of fluid. As a result of the study, equations were obtained that allow calculating air and water permeability depending on the density, porosity and thickness of materials.

Keywords: nonwoven material, permeability, filtration, viscosity, fibrous composition, technology, mathematical dependencies, density, porosity, operating conditions.

При очистке воздуха волокнистыми рукавными или барабанными фильтрами в системах вентиляции и кондиционирования воздуха, крашении пряжи, течения грунтовых и дождевых вод через геотекстильную прослойку, расположенную в дорожной насыпи, материал деформируется, вследствие чего его пористость уменьшается, в том числе и за счет коагуляции (попадания твердых частиц внутрь материала при фильтрации и дренаже) [1]. Также снижению пористости способствует и набухание волокон, в случае если материал находится во влагонасыщенной среде. При этом проницаемость также становится меньше и, как следствие, изменяется пропускная способность текстильного материала по отношению к потоку жидкости или газа. Этот фактор определяет эффективный срок функционирования нетканых полотен в качестве фильтров или дренажа.

В первую очередь проницаемость зависит от плотности (пористости), толщины полотна, диаметра волокон (мономеров) и фактически определяет сопротивление, оказываемое волокнистым слоем движению потока.

Воздухопроницаемость (air permeability), в соответствии с [2], представляет собой скорость воздушного потока, проходящего через участок испытываемого образца определенной площади в направлении, перпендикулярном к его поверхности, в условиях заданного перепада давления воздуха и в течение установленного периода времени. В примечании указывается, что воздухопроницаемость выражают в $\text{дм}^3/(\text{см}^2 \cdot \text{с})$ или в других эквивалентных единицах измерений.

Как следует из приведенной выдержки, скорость воздушного потока и воздухопроницаемость, по сути, одно и то же, причем, если воспользоваться Международной системой единиц СИ, то размерность воздухопроницаемости будет м/с. Таким образом, понятия «проницаемость» сплошных сред и «воздухопроницаемость», в частности, текстильных материалов, являются взаимосвязанными, но различными по физическому смыслу.

Аналогичная ситуация складывается с трактовкой термина «водонепроницаемость». В [3] даются следующие определения:

– 3.4 водонепроницаемость: Способность к пропуску воды в различных направлениях, выражаемая количественно значением коэффициента фильтрации.

– 3.5 коэффициент фильтрации: Скорость фильтрации воды в определенных направлениях (перпендикулярном к плоскости или в плоскости полотна) при градиенте напора, равном единице, и линейном законе фильтрации, выраженная в см/с (м/сут).

– 4.7.4.1 Коэффициент фильтрации (нормальный) в направлении, перпендикулярном к плоскости полотна, м/сут, приведенный к условиям фильтрации при температуре 20 °С, вычисляют по формуле:

$$K_n = \frac{8640 \cdot V \cdot R_T}{F \cdot t} \cdot \frac{\delta}{H}$$

где: K_n - коэффициент фильтрации, м/сут;

– 8640 — переводной коэффициент из см/с в м/сут;

– V — объем профильтрованной воды (емкость мерного цилиндра), см³;

– R_T — поправочный коэффициент (температурный);

– F — площадь поперечного сечения фильтрационной трубки, см²;

– t — средняя продолжительность фильтрации воды (время заполнения мерного цилиндра), с;

– δ — толщина пробы геотекстильного материала, см;

– H — высота столба воды (напор), мм.

В предложенной формуле (ГОСТ Р 52608-2006) коэффициент фильтрации, также, как и воздухопроницаемость (ГОСТ Р 56918-2016 (ИСО 9073-15:2007)), имеют размерность скорости (причем, внесистемную), что не согласуется с законом А. Дарси, в соответствии с которым аналогичный коэффициент имеет размерность [м²]. Также, приведенные в рассматриваемых Государственных стандартах расчетные зависимости не содержат показателя вязкости среды, протекающей в поровом пространстве текстильного материала.

Кроме того, определение водонепроницаемости: «Способность к пропуску воды...» понимается не однозначно и может трактоваться как характеристика сопротивления движению воды со стороны текстильного материала. Но тогда коэффициент фильтрации приобретает смысл проницаемости, но никак не скорости.

По формальному признаку термины «воздухопроницаемость» и «водонепроницаемость» касаются только атмосферного воздуха и воды (вероятно, пресной), но никак не применимы к иным газам и любым капельным жидкостям, хотя нет принципиальной разницы в методиках их определения и отличие заключается лишь в значении динамического коэффициента вязкости μ [Па·с].

Экспериментальные исследования скорости движения воздуха в поровом пространстве в зависимости от градиента давления [4, 5] позволяют оценить проницаемость текстильных материалов на стадии их проектирования и задания режимов изготовления. Следует отметить, что в качестве объектов исследования использовались нетканые иглопробивные полотна, изготовленные из полиэфирного волокна, диаметром $2 \cdot 10^{-5}$ м, линейной плотностью 0,33 текс ($0,00033 \cdot 10^{-3}$ кг/м) и объемной плотностью 1050,5 кг/м³.

Основываясь на опытных данных [4, 5] и применяя известную формулу для вычисления скорости потока в пористых средах $v = \frac{k}{\mu} \cdot \frac{dp}{dx}$ [6], проведен анализ взаимосвязи проницаемости нетканых полотен и основных технологических и геометрических параметров: поверхностной плотности ρ_n и толщины δ материала, а также объемной плотности волокон ρ_v . Результаты расчетов, проведенных при значении коэффициента динамической вязкости воздуха $\mu = 18,3 \cdot 10^{-6}$ [Па·с], представлены на Рисунке 1.

Зависимость воздухопроницаемости нетканого материала от его толщины δ , поверхностной плотности $\rho_{\text{п}}$ и плотности волокон $\rho_{\text{в}}$

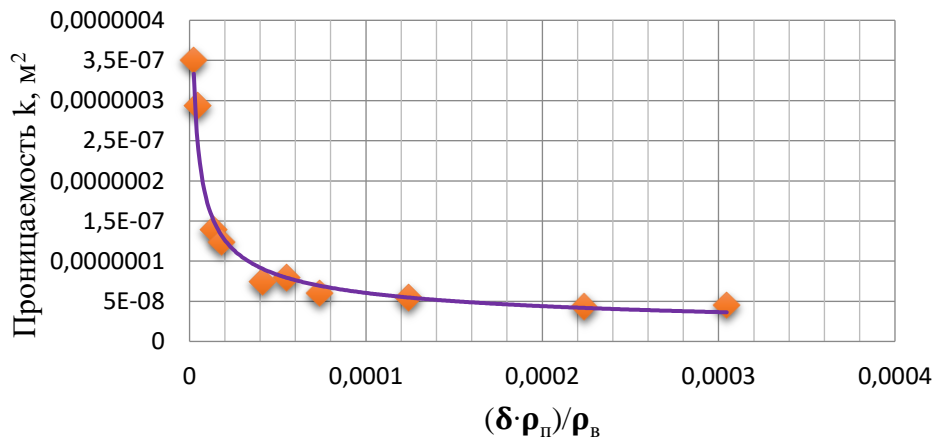


Рис. 1. Зависимость проницаемости нетканого материала от его толщины δ , поверхностной плотности $\rho_{\text{п}}$ и плотности волокон $\rho_{\text{в}}$

Аппроксимация полученных значений дает возможность рекомендовать с достаточной для практической работы точностью использование степенной функции в виде: $k = 9,18 \cdot 10^{-10,25} \cdot \left(\frac{\delta \cdot \rho_{\text{п}}}{\rho_{\text{в}}}\right)^{-0,5}$ (величина достоверности аппроксимации $R^2 = 0,971$).

Чтобы получить величину проницаемости в $[\text{м}^2]$ в приведенном уравнении коэффициент пропорциональности $9,18 \cdot 10^{-10,25}$ должен иметь размерность $[\text{м}^3]$. Тогда, этот коэффициент следует представить, как произведение некоторой постоянной и еще одного технологического параметра - диаметра волокна (мононити) $d_{\text{в}}$. В результате определение воздухопроницаемости в зависимости от основных характеристик нетканого материала можно производить по формуле:

$$k = \frac{64,528 \cdot 10^3 \cdot d_{\text{в}}^3}{\sqrt{\frac{\delta \cdot \rho_{\text{п}}}{\rho_{\text{в}}}}}$$

Целесообразность практического применения полученной зависимости $k = f(\delta, \rho_{\text{п}}, \rho_{\text{в}}, d_{\text{в}})$ продиктовано тем, что изготовители нетканых материалов могут определить поверхностную плотность и толщину полотен в производственных условиях без проведения специальных материаловедческих исследований, а показатели волокнистого состава а priori известны при приобретении сырья.

Если предположить, что поверхностная плотность является заданной, то значение проницаемости может быть выражено через объемную плотность или пористость. Для текстильных изделий и, в частности, нетканых полотен, пористость ξ представляет собой отношение объемных плотностей материала и составляющих его структурных элементов:

$$\xi = 1 - \frac{\rho_{\text{м}}}{\rho_{\text{в}}} = 1 - \frac{\rho_{\text{п}}}{\delta \cdot \rho_{\text{в}}},$$

где $\rho_{\text{м}}$ - плотность материала, $\text{кг}/\text{м}^3$;

$\rho_{\text{в}}$ - плотность волокон (мононитей), $\text{кг}/\text{м}^3$.

Тогда учитывая, что $\frac{\rho_{\text{п}}}{\rho_{\text{в}}} = \delta \cdot (1 - \xi)$, выражение для проницаемости преобразуется следующим образом:

$$k = \frac{64,528 \cdot 10^3 \cdot d_{\text{в}}^3}{\delta \cdot \sqrt{(1 - \xi)}}$$

Учитывая, что при одинаковой объемной плотности (пористости), значения поверхностной плотности и толщины могут иметь множество различных вариаций, целесообразно представить проницаемость как функцию только этих параметров материала.

Основываясь на данных компании «Термопол» [7] и принимая диаметр одиночной полиэфирной мононити нетканого полотна «Холлофайбер» $d_b = 0,00004005$ м и среднее значение объемной плотности $\rho_v = 622,08$ кг/м³ [8], произведен расчет проницаемости для широкого ассортимента продукции ООО «Термопол». Полученные результаты представлены в таблице 1 и на рисунке 2.

Таблица 1

Зависимость воздухопроницаемости от поверхностной плотности $k = \psi(\rho_{\text{п}})$ и толщины $k = \varphi(\delta)$ нетканых материалов Холлофайбер.

Наименование нетканого материала	$k = \psi(\rho_{\text{п}}), \text{м}^2$. Величина достоверности аппроксимации R^2	$k = \varphi(\delta), \text{м}^2$. Величина достоверности аппроксимации R^2
Холлофайбер Хард	$k = 5 \cdot 10^{-7} \cdot \rho_{\text{п}}^{-1,023}$ $R^2 = 0,9936$	$k = 2 \cdot 10^{-8} \cdot \delta^{-0,967}$ $R^2 = 0,9943$
Холлофайбер Медиум	$k = 3 \cdot 10^{-7} \cdot \rho_{\text{п}}^{-0,951}$ $R^2 = 0,9978$	$k = 3 \cdot 10^{-8} \cdot \delta^{-1,048}$ $R^2 = 0,9973$
Холлофайбер Софт	$k = 3 \cdot 10^{-7} \cdot \rho_{\text{п}}^{-0,963}$ $R^2 = 0,9985$	$k = 3 \cdot 10^{-8} \cdot \delta^{-1,037}$ $R^2 = 0,9983$
Холлофайбер Волюметрик	$k = 3 \cdot 10^{-7} \cdot \rho_{\text{п}}^{-0,835}$ $R^2 = 0,9908$	$k = 2 \cdot 10^{-8} \cdot \delta^{-1,206}$ $R^2 = 0,9806$

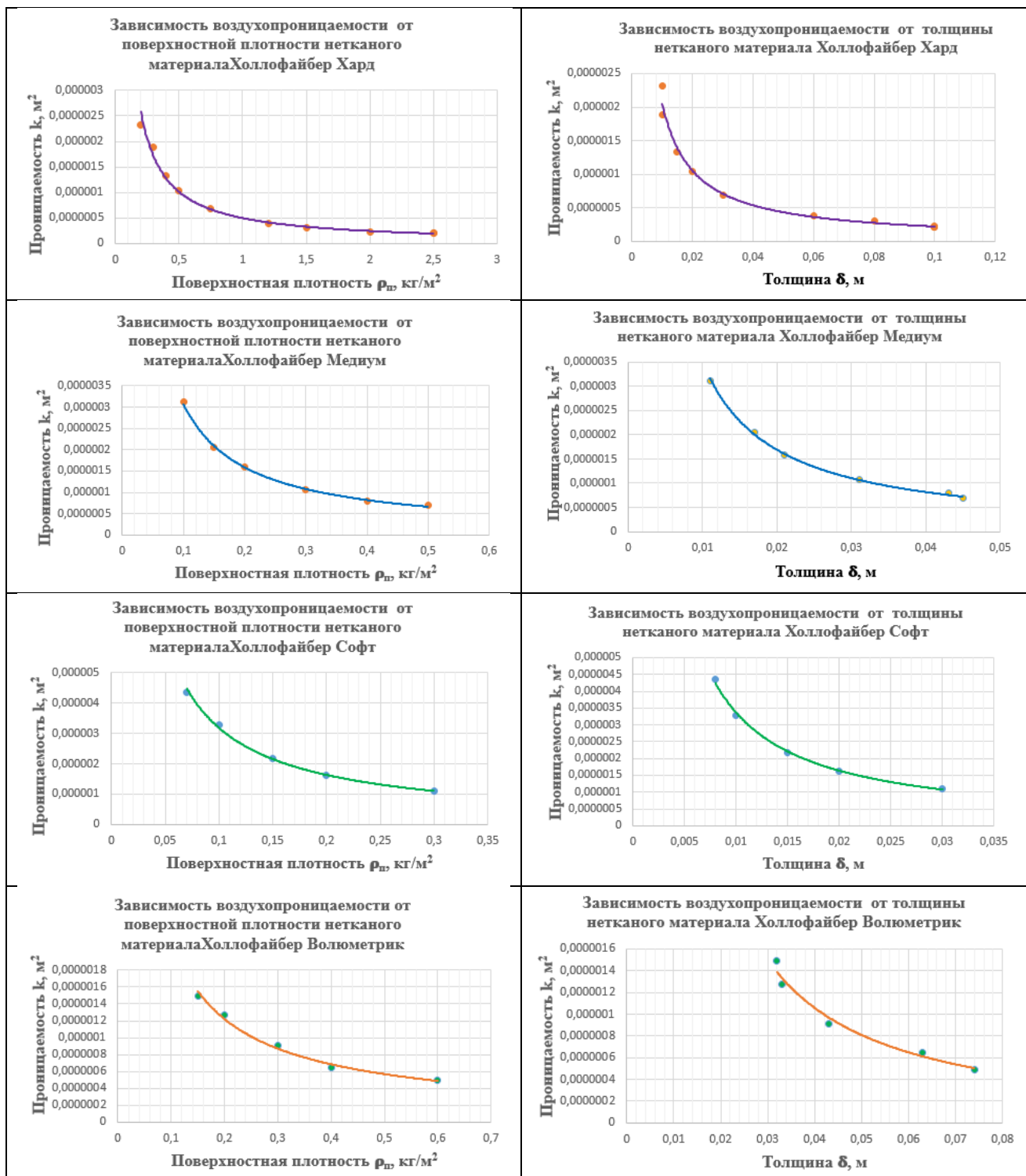


Рис. 2. Графики зависимости воздухопроницаемости от поверхностной плотности $k = \psi(\rho_p)$ и толщины $k = \varphi(\delta)$ нетканых материалов Холлофайбер

Расчет проницаемости желательно проводить по обеим формулам $k = \varphi(\delta)$ и $k = \psi(\rho_p)$, что позволит получить более точный результат. Следует отметить, что в приведенных в таблице формулах, коэффициенты пропорциональности являются размерными физическими величинами, учитывающими характеристики, как волокнистого состава, так и готового изделия.

Проницаемость текстильных материалов во многом зависит от вязкости среды. При

одинаковой температуре, динамический коэффициент вязкости воздуха ($\mu_{\text{воздуха}} = 18,3 \cdot 10^{-6}$ [Па·с]) почти в 55 раз меньше $\mu_{\text{воды}} = 1004 \cdot 10^{-6}$ [Па·с], что оказывает значительное влияние на величину скорость течения газа и капельной жидкости в поровом пространстве материала.

В качестве примера можно привести значения проницаемости, полученные при анализе процесса самопроизвольного впитывания жидкости неткаными полотнами [9]. В таблице 2 даны расчетные формулы, а на рисунке 3 представлены соответствующие графики зависимости проницаемости от пористости материалами «Геотекс» и «Холлофайбер».

Таблица 2

Зависимость проницаемости от пористости $k = \psi(\xi)$ нетканых материалов

Наименование нетканого материала	$k = \psi(\xi), \text{м}^2$.	Величина достоверности аппроксимации R^2
«Холлофайбер» (полые полиэфирные мононити; $d_b = 0,00004005 \text{ м}$, $\rho_b = 622,08 \text{ кг/м}^3$)	$k = 6 \cdot 10^{-13} \cdot \xi^{-13,25}$	0,9902
«Геотекс» (полипропиленовые мононити; $d_b = 0,0000185 \text{ м}$, $\rho_b = 910 \text{ кг/м}^3$)	$k = 7 \cdot 10^{-13} \cdot \xi^{-1,87}$	0,9779

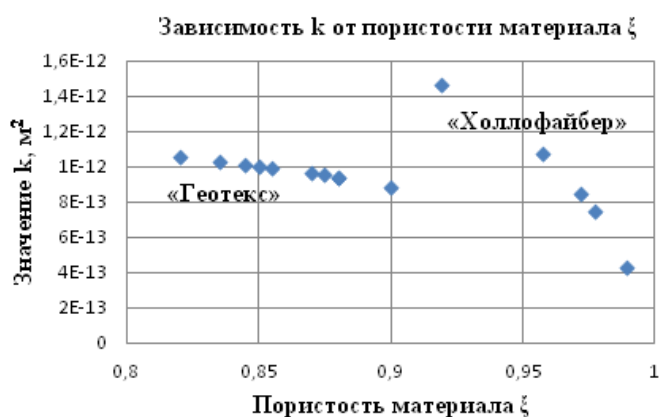


Рис. 3. Зависимость проницаемости от пористости нетканых материалов «Геотекс» и «Холлофайбер»

Сопоставляя результаты расчетов, проведенных, в частности, для нетканых материалов «Холлофайбер», следует отметить, что в зависимости от пористости, толщины и поверхностной плотности, проницаемость для воздуха и воды полотен одних и тех же марок существенно отличается (численные значения даны в таблице 3).

Таблица 3

Численные значения воздухо- и водопроницаемости нетканых материалов «Холлофайбер»

Нетканый материал	Проницаемость по воде (самопроизвольное впитывание), м^2	Проницаемость по воздуху, м^2
«Холлофайбер Софт»	$6,6119 \cdot 10^{-13}$	$1,08983 \cdot 10^{-6} \div 4,36903 \cdot 10^{-6}$
«Холлофайбер Хард»	$1,7465 \cdot 10^{-12}$	$3,85312 \cdot 10^{-7} \div 1,0339 \cdot 10^{-6}$
«Холлофайбер Медиум»	$7,4897 \cdot 10^{-13}$	$6,89267 \cdot 10^{-7} \div 3,11733 \cdot 10^{-6}$

Приведенные в таблице 3 данные убедительно доказывают, что оценка проницаемости должна проводиться с учетом целевого использования и условий эксплуатации нетканых материалов, особенно, технического назначения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Трещалин М.Ю., Трещалин Ю.М., Киселев М.В., Мухамеджанов Г.К., Трещалина А.В., Ю.М. Трещалин. Проектирование, производство и методы оценки качества нетканых материалов. Издание 3-е, перераб. и доп. М.: Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, 2017, 288 с.
2. ГОСТ Р 56918—2016 (ИСО 9073-15:2007) «Материалы текстильные. Методы испытаний нетканых материалов (часть 3. Термины и определения)»
3. ГОСТ Р 52608—2006 Материалы геотекстильные. Методы определения водопроницаемости (3. Термины и определения. 4.7.4 Обработка результатов)
4. Шарпар Н.М., Жмакин Л.И. Экспериментальное определение коэффициента воздухопроницаемости текстильных материалов. Технология текстильной промышленности № 6 (342), 2012. С. 148-151.
5. Дедов А.В., Черноусова Н.В. Прогнозирование воздухопроницаемости нетканых иглопробивных материалов. Технология текстильной промышленности № 1 (391), 2021. С. 25-28
6. Шейдеггер А.Э. Физика течения жидкостей через пористые среды. – М.- Ижевск: Институт компьютерных исследований, НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2008. – 254 с.
7. Холлофайбер. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.woodgu.ru/article-71.htm?ysclid=limthoryb4150081517>.
8. Трещалин Ю.М. Композиционные материалы на основе нетканых полотен. – М.: Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, 2015. — 220 с.
9. Трещалин Ю.М. Анализ структуры и свойств нетканых материалов. М.: Издательство «БОС», 2016, 192 с.

**КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ МОДИФИЦИРОВАННЫХ
НЕТКАНЫХ ПОЛОТЕН ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ И
ПЛАВСРЕДСТВ**

**COMPOSITE MATERIALS BASED ON MODIFIED NONWOVEN FABRICS FOR THE
CREATION OF AIRCRAFT AND FLOATING VEHICLES**

Ю.М. Трещалин, М.Ю. Трещалин
Yu.M. Treshchalin, M.Yu. Treshchalin

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
Lomonosov Moscow State University
E-mail: antropog@yandex.ru, mtreschalin@mail.ru

В статье изложены результаты исследований посвященных разработке прочных и дешевых композиционных материалов на основе синтетических нетканых полотен. Предлагается повысить физико-механические характеристики композитов за счет предварительной обработки основы низкотемпературной плазмой. В результате испытаний созданных образцов установлено, что модификация нетканой основы методами плазмохимической обработки и магнетронного распыления наночастиц металла в плазме способствует повышению прочностных характеристик композитов более, чем на 30% при их растяжении и изгибе.

Ключевые слова: нетканое полотно, волокно, композиционный материал, плазмохимическая обработка, прочность, растяжение, изгиб, магнетронное распыление, адгезия.

The article presents the results of research devoted to the development of durable and cheap composite materials based on synthetic non-woven fabrics. It is proposed to increase the physical and mechanical characteristics of composites by pre-treating the base with low-temperature plasma. As a result of testing the created samples, it was established that modification of the nonwoven base by methods of plasma-chemical treatment and magnetron sputtering of metal nanoparticles in plasma helps to increase the strength characteristics of composites by more than 30% when stretched and bent.

Keywords: non-woven fabric, fiber, composite material, plasma-chemical treatment, strength, stretching, bending, magnetron sputtering, adhesion.

Разработка и создание прочных, легких и относительно дешевых композитов целевого назначения принципиально важно и востребовано различными сферами экономики России, включая ВПК.

Многочисленные и всесторонние исследования [1-4] показали эффективность применения нетканых полотен в качестве основы композитов. Это касается не только достаточно высоких прочностных показателей, но и совокупных материальных и финансовых затрат. Немаловажными положительными аспектами таких композиционных материалов являются: водостойкость (водопроницаемость менее 1%), небольшая масса (относительно композитов на основе тканей из угле-стекло или базальтовых волокон), гибкость и эластичность. Поэтому потребителю предлагается широкий спектр материалов для создания необходимых изделий.

Применительно к композитам на основе полимерных нетканых полотен наиболее значимы их физико-механические характеристики, особенно, если предполагаются достаточно высокие нагрузки на конструкцию в процессе эксплуатации.

Одним из вариантов упрочнения композитов, а также придания им специфических свойств (например, огнезащита) является модификация различными способами как основы, так и связующего. Однако следует учитывать определенные сложности, обусловленные химической инертностью к модифицирующим добавкам сырья для изготовления нетканых и композиционных материалов, как, то полиэфир и полипропилен.

В связи с этим представляется целесообразным использование экологичных плазмохимических технологий, поскольку они реализуются в газовой среде при пониженном или атмосферном давлении и обычно не требуют дополнительных химических веществ или используют их в минимальных количествах. Преимущество плазмохимической обработки синтетических нетканых полотен, по сравнению с другими способами их модификации, заключается в отсутствии отрицательного влияния на внутреннее строение и свойства полимеров. Изменяя состав и структуру тонкого поверхностного слоя, плазмохимическое воздействие позволяет улучшить адгезионные свойства поверхности волокон (мононитей), необходимые для получения композитов.

Кроме того, для модификации нетканой основы следует оценить возможность применения весьма эффективного метода магнетронного распыления, главным достоинством которого являются относительно высокие скорости осаждения и возможность получения равномерных по толщине пленок с необходимыми структурными и эксплуатационными характеристиками на различных подложках. Магнетронные распылительные системы работают практически с любыми материалами: металлы, сплавы, диэлектрики, полупроводники и керамику. Важным достоинством магнетронного распыления является высокая управляемость.

С целью повышения физико-механических характеристик композитов, была проведена предварительная (до пропитки связующим) обработка низкотемпературной плазмой низкого давления нетканых полотен, имеющих различную структуру: иглопробивные и термоскрепленные из непрерывных полиэфирных и полипропиленовых мононитей, а также иглопробивные из штапельных полиэфирных и полипропиленовых волокон. Характеристики образцов нетканых полотен приведены в таблице 1.

Таблица 1

Характеристики исследуемых образцов нетканых полотен

Обозначение образца	Толщина, при удельном давлении 2,0 кПа, мм.	Поверхностная плотность, г/м ²	Объемная плотность, кг/м ³	Пористость, ξ	Разрывная нагрузка РНМ полоски 50×100 мм. Н	Условный модуль упругости ЕНМ, МПа	Прочность при продавливании шариком, даН
1, ПП — 100 %	2,30	437,4	190,2	0,791	1125	9,7826087	102
2, ПП — 100 %	3,17	550,4	173,6	0,809	1080	6,8138801	241
3, ПП — 100 %	5,32	441,4	82,9	0,909	646,5	2,4304511	Выше 250
4, ПЭ — 100 %	1,82	345,9	190,1	0,862	710,5	7,8076923	139
5, ПЭ — 100 %	2,32	481,5	207,5	0,849	1022	8,8103448	159
6, ПП — 100 %	4,09	631,9	154,5	0,830	1422	6,9535452	Выше 250
7, ПП — 100 %	3,33	372,9	112,0	0,877	1000,5	6,009009	235

Изготовление образцов композиционных материалов в виде пластин осуществлялось методом вакуумной пропитки.

Для проведения сравнительного анализа свойств, композиты были изготовлены на основе обработанных и необработанных (контрольных) образцов одинаковых нетканых полотен. Характеристики полученных композитов приведены в таблице 2.

Таблица 2

Характеристики образцов композиционных материалов

Обозначение образца	Поверхностная плотность, г/м ²	Объемная плотность, кг/м ³	Обработка
1, ПП — 100 %	1860,98	1018,77	обработанный в плазме
1к, ПП — 100 %	1841,35	1034,47	контрольный
2, ПП — 100 %	2757,78	1051,55	обработанный в плазме
2к, ПП — 100 %	2660,23	1033,78	контрольный
3, ПП — 100 %	3349,71	901,26	обработанный в плазме
3к, ПП — 100 %	3707,21	913,85	контрольный
4, ПЭ — 100 %	1812,18	1053,59	обработанный в плазме
4к, ПЭ — 100 %	2101,51	1200,87	контрольный
5, ПЭ — 100 %	2015,99	1117,95	обработанный в плазме
5к, ПЭ — 100 %	1964,22	1146,46	контрольный
6, ПП — 100 %	3401,30	586,73	обработанный в плазме
6к, ПП — 100 %	3427,51	597,22	контрольный
7, ПП — 100 %	2142,16	1043,28	обработанный в плазме
7к, ПП — 100 %	2141,18	1016,36	контрольный

Экспериментальные исследования полученных композитов на растяжение и изгиб проводились с использованием приборов и лабораторного оборудования, в соответствии с требованиями соответствующих ГОСТ [5, 6]. Результаты испытаний на растяжение представлены в таблице 3, на изгиб — в таблице 4.

Таблица 3

Результаты испытаний образцов композиционных материалов на растяжение

Обозначение образца	Толщина δ , мм.	Ширина b , мм	Максимальное усилие F , Н	Предельное напряжение при растяжении $F/(\delta \cdot b)$, МПа	Сопоставление предельных напряжений при растяжении обработанных и не обработанных образцов, %
1, ПП — 100 %	1,83	23,7	90,9	2,099	13,32
1к, ПП — 100 %	1,78	25,5	84,1	1,852	
2, ПП — 100 %	2,50	25,4	124,8	1,965	14,28
2к, ПП — 100 %	2,57	25,8	114,2	1,720	
3, ПП — 100 %	3,72	24,9	108,2	1,169	13,13
3к, ПП — 100 %	4,06	23,4	98,1	1,033	
4, ПЭ — 100 %	1,72	23,2	106,3	2,664	15,84
4к, ПЭ — 100 %	1,75	24,5	98,6	2,300	
5, ПЭ — 100 %	1,80	21	83,6	2,208	30,95

Продолжение таблицы 3

5к, ПЭ — 100 %	1,71	24,2	69,9	1,686	
6, ПП — 100 %	3,30	24,7	142,7	1,751	12,20
6к, ПП — 100 %	3,34	24,1	125,6	1,560	
7, ПП — 100 %	2,05	24,3	84,8	1,699	12,43
7к, ПП — 100 %	2,11	23,3	74,2	1,512	

Таблица 4

Результаты испытаний образцов композиционных материалов на изгиб

Обозначение образца	Длина, мм	Ширина b, мм	Толщина δ , мм	Максимальное усилие F, Н	Предельное напряжение при изгибе $F/(\delta \cdot b)$, Па	Сопоставление предельных напряжений при изгибе обработанных и необработанных образцов, %
1, ПП — 100 %	123	24,9	1,83	23	505663,1	13,30
1к, ПП — 100 %	124	21,4	1,78	17	446287,9	
2, ПП — 100 %	196	21,5	2,50	28	521055,3	21,79
2к, ПП — 100 %	197	21,8	2,57	24	427823,2	
3, ПП — 100 %	200	20,6	3,72	54	705292,1	26,32
3к, ПП — 100 %	199	23,4	4,06	53	558325,1	
4, ПЭ — 100 %	198	22,4	1,72	23	596968,4	11,78
4к, ПЭ — 100 %	196	21,4	1,75	20	534045,4	
5, ПЭ — 100 %	199	25,6	1,80	37	801482	29,69
5к, ПЭ — 100 %	199	25,5	1,71	27	618002,4	
6, ПП — 100 %	199	23,6	3,30	84	1078582	23,00
6к, ПП — 100 %	198	23,9	3,34	70	876907,3	
7, ПП — 100 %	200	21,1	2,05	26	600120,5	25,33
7к, ПП — 100 %	195	22,8	2,11	23	478839,9	

Сравнительный анализ результатов эксперимента позволяет сделать следующие выводы:

- прочность при испытаниях на растяжение образцов композитов, изготовленных на основе обработанных нетканых полотен из полипропиленовых волокон, на 12 – 16% выше по отношению к необработанным (таблица 3);
- предельное напряжение при растяжении образца композита № 5, изготовленного на основе обработанного нетканого полотна из полиэфирных волокон на 31% выше по отношению к необработанному;
- модификация нетканых материалов не меняет характера диаграммы деформирования при растяжении;

– прочность при испытаниях на изгиб образцов композитов, изготовленных на основе обработанных нетканых полотен на 12 – 30% выше по отношению к необработанным (таблица 4). Наибольшая разница значений предельных напряжений при изгибе достигается у образца № 5, изготовленного из полиэфирных волокон.

Следует отметить, что собственно нетканые полотна достаточно легко изгибаются в любом направлении при минимальном усилии. Поэтому прочность композитов на нетканой основе в большей степени определяется физико-механическими характеристиками полимеризованного связующего и степенью адгезионного взаимодействия структурных элементов и связующего. Разницу в предельных напряжениях, при изгибе обработанных и необработанных образцов исследуемых композитов можно объяснить увеличением сил сцепления единичных волокон со связующим веществом вследствие плазмохимического модифицирования их поверхности.

Увеличение прочности объясняется лучшей адгезии волокон со связующим в связи с существенным возрастанием на поверхности полимера концентрации кислородсодержащих групп, способствующих увеличению адгезии. На полиэфирных волокнах этот эффект выражен более ярко потому, что кислородсодержащие группы, образующиеся под воздействием кислородсодержащей плазмы, более устойчивые.

Логично предположить, что максимальный адгезионный эффект должен быть на полипропилене, т.к. он изначально имеет очень мало функциональных групп. Однако, по некоторым литературным данным, кислородсодержащие группы на полипропилене очень подвижные и неустойчивые, вследствие чего несколько снижается степень адгезионного взаимодействия связующего и поверхности полипропиленовых волокон по сравнению с полиэфирными.

С целью дальнейшего изучения влияния модифицированной основы на прочностные свойства композитов, проведены исследования, связанные с нанесением на поверхность нетканого полотна наночастиц металла методом магнетронного распыления. При этом в процессе вакуумирования материал обрабатывался в низкотемпературной плазме тлеющего разряда неполимеризующегося газа.

Для сравнения характеристик композитов, изготовленных на основе необработанных и подвергнутых плазмохимической обработке нетканых полотен, при проведении экспериментов использовались металлизированные образцы №№ 1м, 2м, 4м, 5м, 7м, а также № 8м и № 9м (таблица 5), что обусловлено высоким значением предельного напряжения при растяжении образца композиционного материала № 5, изготовленного на основе обработанного в плазме нетканого полотна из полиэфирных волокон (см. таблицу 4).

Таблица 5

Характеристики исследуемых образцов металлизированных нетканых полотен

Обозначение образца	Толщина при удельном давлении 2,0 кПа, мм.	Масса до напыления, г	Масса после напыления, г	Поверхностная плотность, г/м ²	Объемная плотность, кг/м ³	Пористость, %
1м ПП — 100 %	2,30	4,3243	4,3788	437,4	190,2	0,791
2м ПП — 100 %	3,17	5,8043	6,0242	550,4	173,6	0,809
8м ПЭ — 100 %	26,88	5,2879	5,2946	522,2	19,4	0,969
4м ПЭ — 100 %	1,82	3,4593	3,5575	345,9	190,1	0,862
5м ПЭ — 100 %	2,32	4,8147	4,8649	481,5	207,5	0,849
9м ПЭ — 100 %	9,85	4,0508	4,0614	401,2	40,7	0,935
7м ПП — 100 %	3,33	3,7234	3,7254	372,9	112,0	0,877

Как следует из таблицы 5, масса образцов основы после напыления существенно не изменилась. Наибольшее превышение первоначальной массы имеет место у образца № 2: 0,2199 г. или 3,79%, и наименьшее у образца № 7: 0,002 г., соответственно, 0,05%.

Кроме того, учитывая необходимость снижения массы и толщины материалов, а также потенциальную возможность повышения адгезионной способности связующего с полиэфирными мономерами (что показал эксперимент с плазмохимической обработкой основы), дополнительно были изготовлены образцы композитов с использованием металлизированных нетканых полотен «Холлофайбер», характеристики которых представлены в таблице 6.

Таблица 6

Характеристики исследуемых образцов металлизированных нетканых полотен

Номер образца	Толщина при удельном давлении 2,0 кПа, мм.	Длина, мм	Ширина, мм	Масса, г	Поверхностная плотность, г/м ²	Объемная плотность, кг/м ³	Пористость, %
1782.15 в 2, ПЭ — 100 %	10	295	211	4,4811	71,99	7,20	0,995
1785.15 в 1, ПЭ — 100 %	18	294	206	5,6615	93,48	5,19	0,996
1788.15 в 2, ПЭ — 100 %	10	297	207	4,4445	72,29	7,23	0,995
1787.15 в 1, ПЭ — 100 %	10	300	205	5,4947	89,34	8,93	0,993

Композиты на основе указанных в таблицах 5 и 6 модифицированных нетканых полотен изготавливались методом вакуумной пропитки. Характеристики образцов композиционных материалов представлены в таблице 7.

Таблица 7

Характеристики исследуемых образцов композиционных материалов

Обозначение образца	Толщина при удельном давлении 2,0 кПа, мм.	Длина, мм	Ширина, мм	Масса, г	Поверхностная плотность, г/м ²	Объемная плотность, кг/м ³
1м ПП — 100 %	1,78	199,8	50,23	16,5456	1648,63	1050,08
2м ПП — 100 %	2,57	199,2	48,5	24,0963	2494,13	1039,22
8м ПЭ — 100 %	3,56	198,2	49,43	37,9081	3869,35	1096,13
4м ПЭ — 100 %	1,75	199,1	49,33	15,3752	1565,45	1177,03
5м ПЭ — 100 %	1,71	199,3	49,27	15,589	1587,55	1110,18
9м ПЭ — 100 %	2,91	201,9	48,73	31,6094	3212,8	1096,52
7м ПП — 100 %	2,11	199	48,33	16,2529	1689,9	1076,37
1782.15 в 2м, ПЭ — 100 %	0,475	201,15	50,22	5,04505	499,42	1051,42
1785.15 в 1м, ПЭ — 100 %	0,54	200,4	50,585	6,3025	621,72	1151,33
1788.15 в 2м, ПЭ — 100 %	0,45	200,85	50,085	5,0511	502,12	1115,82
1787.15 в 1м, ПЭ — 100 %	0,565	200,9	49,11	6,72325	681,44	1206,09

Результаты испытаний полученных образцов композиционных материалов на растяжение, проведенных в соответствии с требованиями ГОСТ, а также сопоставление значений предельных напряжений для композитов, основы которых подверглась плазмохимической обработке и магнетронному распылению наночастиц металла (нержавеющей стали) по отношению к необработанным образцам, представлены в таблице 8. Диаграммы растяжения образцов композитов на основе нетканых полотен «Холлофайбер», иллюстрирующие характер их деформирования, даны на рисунке 1.

Таблица 8

Результаты испытаний образцов композиционных материалов на растяжение

Обозначение образца	Толщина δ , мм.	Ширина b , мм	Максимальное усилие F , Н	Предельное напряжение при растяжении $F/(\delta \cdot b)$, МПа	Абсолютное удлинение, мм	Относительное удлинение, %	Сопоставление предельных напряжений при растяжении обработанных и не обработанных образцов по отношению к контрольному образцу, %
1	1,83	23,7	90,9	2,099			13,32
1к	1,78	25,5	84,1	1,852			
1м	1,57	24,5	83,2	2,163	19,24	18,24	16,79
2	2,50	25,4	124,8	1,965			14,28
2к	2,57	25,8	114,2	1,720			
2м	2,4	24,1	125,5	2,170	29,29	12,88	26,16
4	1,72	23,2	106,3	2,664			15,84
4к	1,75	24,5	98,6	2,300			
4м	1,33	24,8	80,8	2,450	1,94	0,97	6,52
5	1,80	21	83,6	2,208			30,95
5к	1,71	24,2	69,9	1,686			
5м	1,43	23,2	89,5	2,698	2,74	1,365	60,02
7	2,05	24,3	84,8	1,699			12,43
7к	2,11	23,3	74,2	1,512			
7м	1,68	24,7	67,8	1,633	1,99	0,995	8,00
9к	2,91	23,4	88,9	1,306	1,94	1,244	
9м	2,93	23,2	98,4	1,448	2,02	1,329	10,87
8к	3,56	22,92	72,7	0,891	2,26	1,106	
8м	3,53	22,96	88,6	1,093	2,31	1,165	22,67
№ 1782.15 вар 2м	0,475	49,26	44,3	1,893	2,39	1,18	
№ 1785.15 вар 1м	0,54	51,28	63,7	2,300	5,96	2,91	
№ 1788.15 вар 2м	0,45	50,8	45,7	1,999	2,28	1,13	
№ 1787.15 вар 1м	0,565	48,62	60,1	2,188	1,86	0,92	

Номер образца без индекса соответствует плазмохимической обработке основы, индекс «к» — контрольный образец без какой-либо предварительной обработки основы, индекс «м» — основа, подвергнутая магнетронному распылению наночастиц нержавеющей стали в плазме.

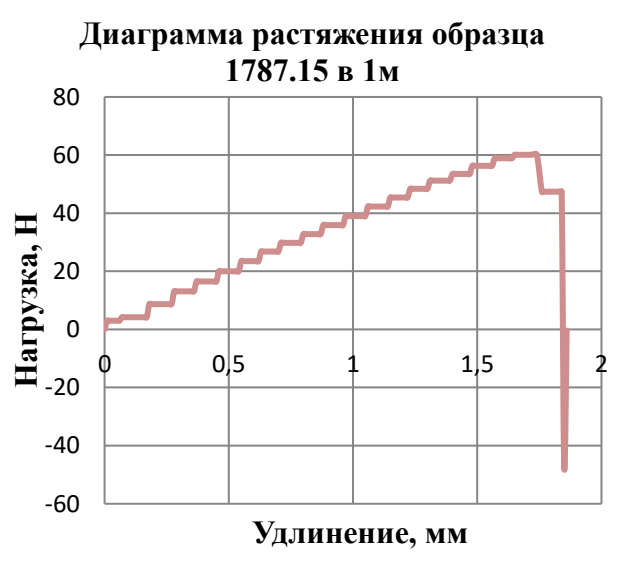
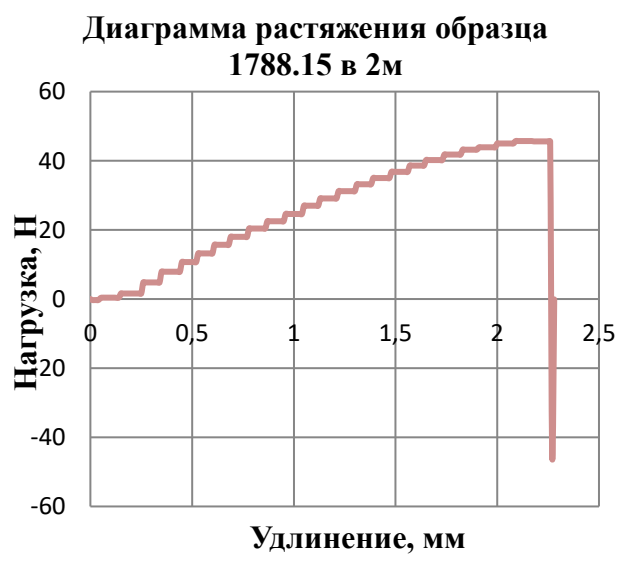
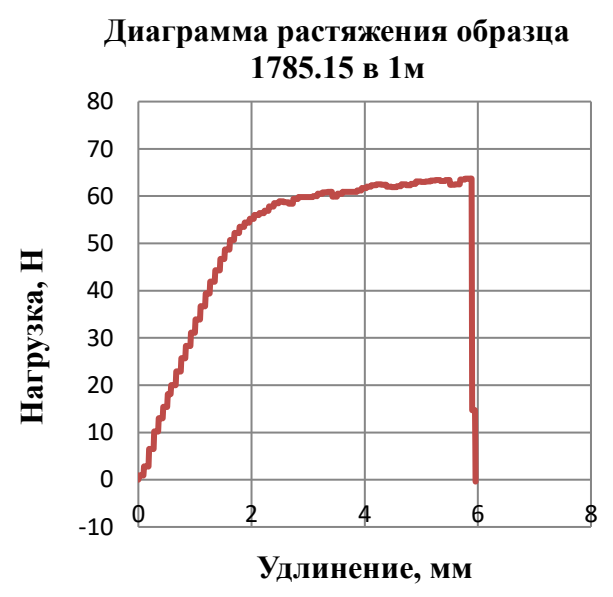
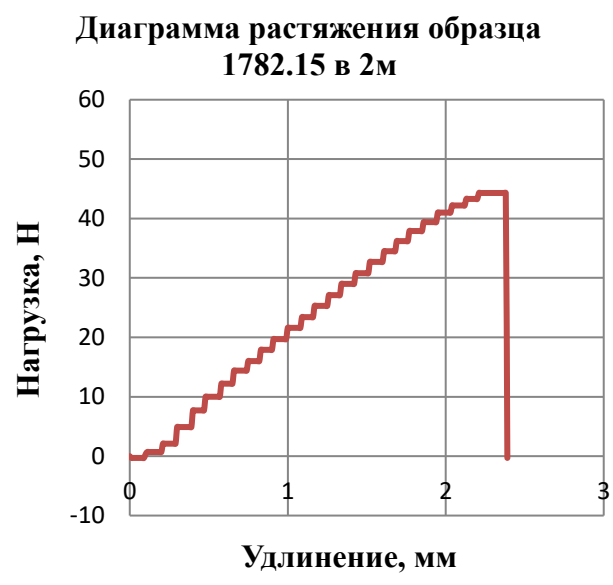
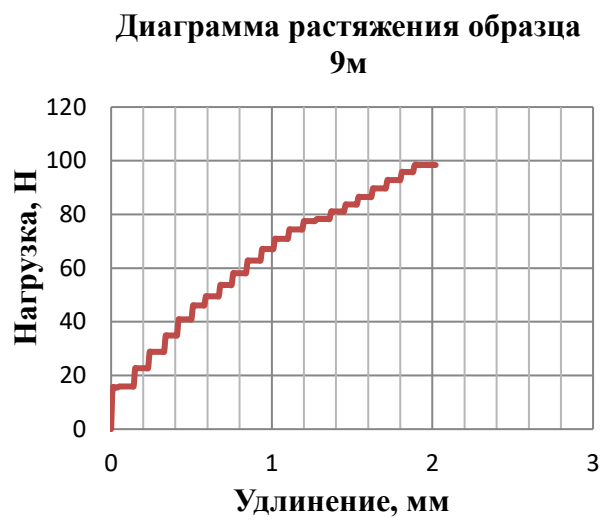


Рис. 1. Диаграммы растяжения образцов композиционных материалов на основе модифицированных нетканых полотен «Холлофайбер»

Анализ экспериментальных данных позволяет утверждать, что магнетронное распыление наночастиц металла в плазме на поверхность нетканой основы способствует повышению прочностных характеристик композитов. Наибольший интерес представляет образец № 5м предельное напряжение при растяжении которого на 60% превышает такой же показатель контрольного образца № 5к. Следует отметить, что образцы композиционных материалов, на основе нетканых полотен «Холлофайбер» (в частности, «Холлофайбер ХАРД Р294», «Холлофайбер СОФТ Р264»), выработанных из полиэфирных волокон (№ 5м, 8м, 9м) имеют более высокие (в процентном отношении к контрольным образцам) показатели напряжений при разрыве, а также, по сравнению с композитами на основе полипропиленовых полотен.

В целом, по результатам проведенных исследований, можно сделать однозначный вывод о том, что модификация нетканой основы методами плазмохимической обработки и магнетронного распыления наночастиц металла в плазме способствует повышению прочностных характеристик композитов более, чем на 30% при их растяжении и изгибе. Наибольший эффект достигается при использовании материалов, изготовленных из полиэфирных волокон (мононитей), в частности, полых, по технологии «Холлофайбер». Сопоставление значений поверхностной плотности, физико-механических показателей и стоимости позволяет рекомендовать разработанные композиты для изготовления элементов различного рода летательных или морских аппаратов, в том числе, имеющих разовое применение (например, БПЛА, дроны и т.п.).

ЛИТЕРАТУРА

1. Трещалин, Ю.М. Композиционные материалы на основе нетканых полотен / Ю.М. Трещалин. - М.: Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, 2015. - 221 с. – ISBN 978-5-905117-05-3.
2. Трещалин, М.Ю. Проектирование, производство и методы оценки качества нетканых материалов / М.В. Киселев, А.В. Трещалина, Г.К. Мухамеджанов, М.Ю. Трещалин, Ю.М. Трещалин. М.: Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, 2015. - 293 с. - ISBN: 978-5-905117-22-0.
3. Трещалин, Ю.М. Анализ структуры и свойств нетканых материалов / Ю.М. Трещалин. - М.: Издательство «БОС», 2016. - 192 с. - – ISBN 978-5-905117-11-4.
4. Трещалин, Ю.М. Нетканые материалы «Холлофайбер»: структура, свойства, применение / Трещалин Ю.М., Иванов В.В., Трещалин М.Ю., Киселев А.М. - М.: Изд-во БОС, 2017 - 72 с.
5. ГОСТ 25.601-80 Методы механических испытаний композиционных материалов с полимерной матрицей (композитов). Метод испытания плоских образцов на растяжение при нормальной, повышенной и пониженной температурах.
6. ГОСТ 25.604-82 Расчеты и испытания на прочность. Методы механических испытаний композиционных материалов с полимерной матрицей (композитов). Метод испытания на изгиб при нормальной, повышенной и пониженной температурах.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОПРОВОДИМОСТИ ВОЛОКНИСТЫХ СРЕД

MODELING OF THERMAL CONDUCTIVITY OF FIBROUS MEDIA

А.В. Трещалина

A.V. Treshchalina

Университет мировых цивилизаций имени В.В. Жириновского (Москва)

University of world civilizations named V.V. Zhirinovsky (Moscow)

E-mail: anna468@mail.ru

Разработка математических моделей, адекватно отображающих процессы, происходящие в реальных волокнистых системах, является актуальной задачей для проектирования и изготовления текстильных материалов. В статье рассмотрены различные подходы к структурному и математическому моделированию теплообменных процессов применительно к нетканым полотнам, вследствие их наиболее простой и экономичной технологии изготовления.

Ключевые слова: теплообмен, теплоизоляция, нетканый материал, коэффициент теплопроводности, математическая модель, структура, волокно, пористость, плотность.

The development of mathematical models that adequately reflect the processes occurring in real fibrous systems is an urgent task for the design and manufacture of textile materials. The article discusses various approaches to structural and mathematical modeling of heat transfer processes in relation to non-woven fabrics, due to their simplest and most economical manufacturing technology.

Key words: heat transfer, thermal insulation, non-woven material, thermal conductivity coefficient, mathematical model, structure, fiber, porosity, density.

Многообразие существующих методов как теоретического, так и экспериментального определения теплофизических характеристик дисперсных материалов (к которым следует отнести нетканые полотна), объясняется невозможностью охватить в единую систему всевозможные типы структур (волокнистые, зернистые, тонкослоистые и другие). Причиной этого являются различные физико-механические свойства структурных элементов, составляющих рассматриваемый класс материалов. Немаловажное значение имеют форма и размеры элементарных частиц, взаимодействие между ними, а также пористость материала.

Теоретическое исследование свойств волокнистых изделий является весьма важной и сложной задачей. Основная причина возникающих затруднений при определении искомых параметров аналитическим путем – разработка математических моделей, которые адекватно отображают физические процессы, происходящие в реальных многокомпонентных системах. Расчет теплофизических характеристик при исследовании таких систем сводится к вычислению определяющего параметра в зависимости от физико-механических свойств системы (например, плотность и пористость), теплопроводности структурных элементов, а также среды, заполняющей поровое пространство (газ, жидкость). В большинстве случаев в качестве определяющего параметра выбирается эффективный коэффициент теплопроводности, величина которого позволяет выявить наиболее эффективное использование материала, например, в качестве теплоизолятора.

Одна из первых попыток моделирования структуры дисперсного материала принадлежит К. Торкару [1]. Исследуя теплофизические характеристики двухфазной системы, автор рассматривал дисперсный материал на модели плоских, поочередно сменяющих друг друга слоев, один из которых представлял структурные элементы, другой – воздух. При этом изучалось два экстремальных варианта расположения пластин по отношению к направлению теплового потока (рис. 1):

- поток перпендикулярен плоскости пластин (теплоизоляция);
- поток движется вдоль пластин (наименьший теплоизолирующий эффект).

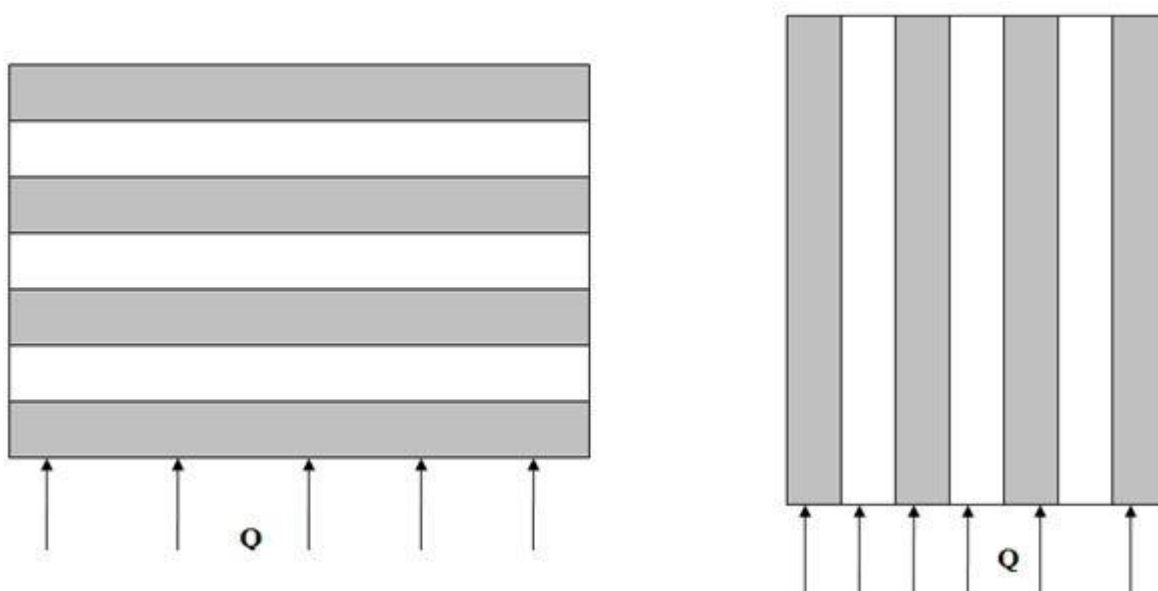


Рис. 1. Модель дисперсного материала в виде системы пластин

Несколько видоизмененная модель, основанная на пластинчатом представлении дисперсного материала, предложена О. Крушером и У. Есдорфом. Здесь пластины располагаются в шахматном порядке (рис. 2) и являются эквивалентом структурных элементов. Промежутки между пластинами предполагаются адекватными объему порового пространства.

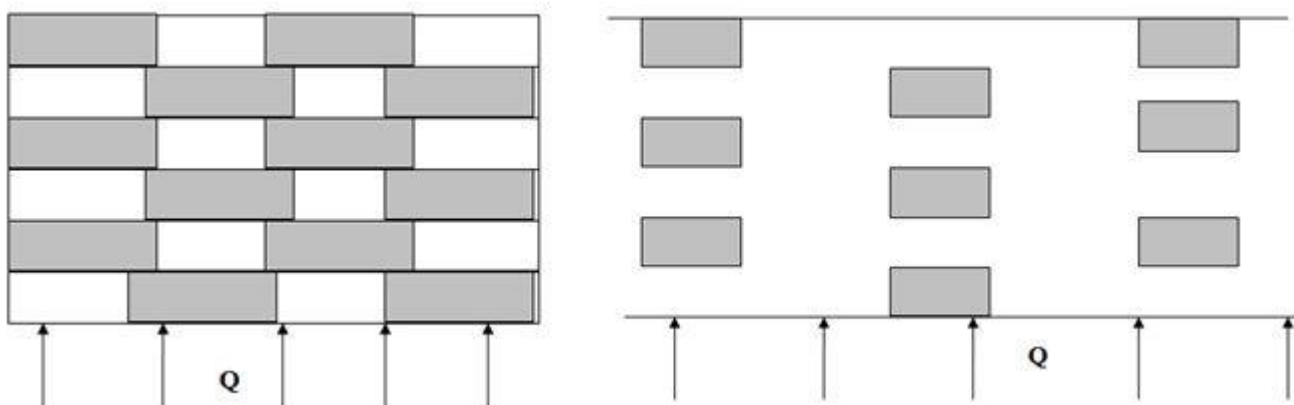


Рис. 2. Модель дисперсного материала в виде пластин, уложенных в шахматном порядке

В результате исследования обеих моделей были предложены формулы для расчета теплопроводности материала в зависимости от значений коэффициента теплопроводности каждой из фаз и пористости материала. Предложенные формулы дают значительное расхождение с экспериментальными данными и могут быть использованы только для грубых расчетов. Следует отметить, что подобные модели не являются достаточно эффективными в связи с наличием грубых допущений, которые заключаются в возможности либо идеального контакта, либо полного отсутствия контакта между частицами, чего не бывает в реальных материалах.

Объемное представление дисперсного материала приводится в [1]. Исследуемый материал рассматривается в виде куба, стенки которого представляют собой совокупность структурных элементов, а газовая фаза образует внутреннюю полость, причем объем полости равен общему объему пор в материале. Однако, подобная модель может быть применима лишь для анализа дисперсных двухфазных материалов в связи с недопустимостью замены мелких пор и капилляров одной большой порой.

Модель, представляющая собой либо непрерывную твердую фазу, в которой поры, имеющие шарообразную форму, равномерно распределены в этой фазе, либо непрерывную газовую фазу, где в виде шаров распределена твердая фаза, представлена на рис. 3.

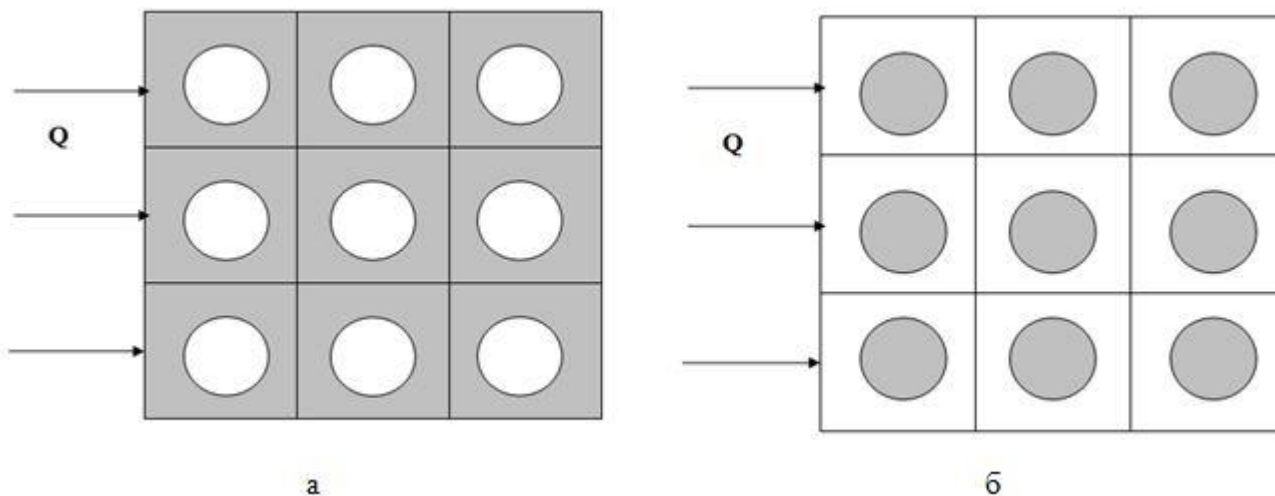


Рис. 3. Модель дисперсного материала как непрерывной фазы: а – модель непрерывной твердой фазы; б – модель непрерывной газовой фазы

Применительно к обоим вариантам модели были получены формулы для расчета эффективного коэффициента теплопроводности дисперсного материала, которые имеют вид в случаях:

- непрерывной твердой фазы:

$$\lambda_{эф} = \{\lambda_1 \cdot P + (\lambda_1 / \lambda_2) \cdot [1 - P^{2/3}]\} / \{P - P^{2/3} + \lambda_2 / \lambda_1 \cdot [1 - P^{2/3} + P]\}$$

- непрерывной газовой фазы:

$$\lambda_{эф} = \{\lambda_1 \cdot (1 - P)^{2/3} + 1 - (1 - P)^{2/3}\} / (\lambda_2 / \lambda_1) \cdot \{(1 - P)^{2/3} - 1 + P\} + \{2 - (1 - P)^{2/3} - P\}$$

где: $\lambda_{эф}$ – эффективный коэффициент теплопроводности материала;

λ_1, λ_2 – коэффициенты теплопроводности твердой и газовой фаз, соответственно;

P – пористость материала.

Аналогичная модель представлена на рис. 4. Разница состоит в том, что дисперсный материал рассматривается как пористое тело с равномерно расположенными внутри твердой фазы порами кубической формы.

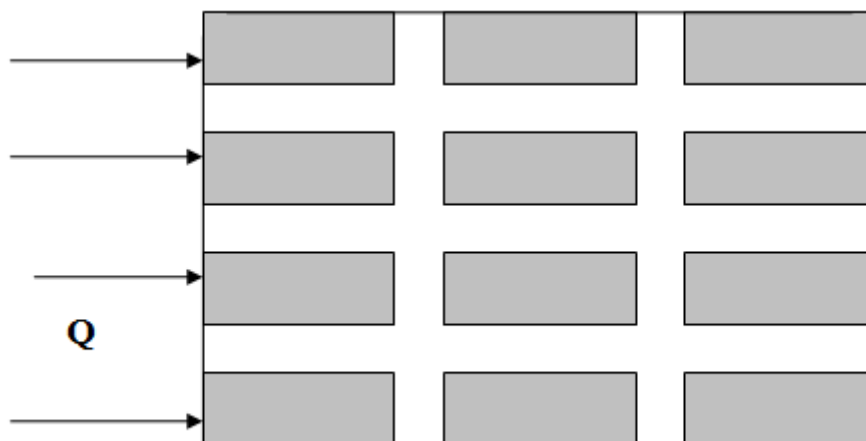


Рис. 4. Модель дисперсного материала с равномерно включенными порами кубической формы

Считая тепловой поток однонаправленным, а твердые участки последовательно соединенными термическими сопротивлениями, была получена формула для расчета коэффициента теплопроводности материала:

$$\lambda_{эф} = \lambda_2 \cdot P^{2/3} + \lambda_1 \cdot (1 - P)^{2/3}$$

Анализ приведенных моделей с точки зрения структурно-механических факторов показывает, что предложенное представление о твердой фазе как о некоторой решетке (упорядоченной структуре), отделяющей поры, для дисперсных сред не приемлемо т.к. структурные элементы и газ, находящийся в порах, всегда контактируют между собой.

Наибольшее распространение при моделировании структуры дисперсных материалов получила идея, в основе которой лежит предположение о представлении структурных элементов как сферических или цилиндрических частиц, уложенных различными способами. Причем способ укладки определяется плотностью (пористостью) рассматриваемого дисперсного материала. В [2] отмечается, что наименее плотной является кубическая, а самой плотной – гексагональная укладка сферических частиц. При этом, пористость дисперсного материала не зависит от диаметра частиц, а определяется видом их укладки (при кубической укладке пористость равна 47,64%, при гексагональной – 25,95%).

На основе анализа структуры реальных материалов, а также с учетом контактной теплопроводности между отдельными элементами, был получен ряд формул для определения коэффициента теплопроводности [3-6].

В [3] контактная теплопроводность дисперсных систем рассматривалась как сумма контактной теплопроводности свободно расположенных элементов в зависимости от геометрии, массы, взаимного расположения частиц и объемной пористости системы.

М.Г. Каганер [4], рассмотрев тепловое сопротивление шара с двумя контактными площадками, получил формулу для оценки величины коэффициента теплопроводности с учетом деформации материала:

$$\lambda_{эф} = 3,12 \cdot (1 - P)^{4/3} \cdot \sigma^{1/3} / E$$

где: E – модуль упругости твердой фазы;

σ – внешнее давление.

Уточнение значения контактного сопротивления дисперсной системы приводится в [7]:

$$R = R_L + R_K + R_0,$$

где: R_L – термическое сопротивление, обусловленное сужением проходного сечения для теплового потока через контактирующие элементы;

R_K – термическое сопротивление микрошероховатостей на стыке элементов;

R_0 – сопротивление окисной пленки.

Однако, представление твердой фазы в виде сферических или цилиндрических элементов значительно сокращает область применения моделей и имеет ряд недостатков, к которым следует отнести:

- одинаковый размер частиц;
- равенство градиента температуры как на структурных элементах, так и на газе, заполняющем поровое пространство;
- постоянство степени заполнения порового пространства при заданном расположении элементов независимо от их размера.

Моделирование нетканых материалов представляет известные трудности, что связано в основном с извитостью волокон и неупорядоченным расположением их в материале. Простейшая модель структуры хаотической волокнистой системы по аналогии с моделью К. Торкара, может быть представлена в виде сочетания пластин из чередующихся разнородных компонентов (материал волокон и полимерной матрицы), которые ориентированы параллельно или перпендикулярно потоку тепла [8]. Эффективный коэффициент теплопроводности такой модели может быть определен по аддитивной формуле:

$$\lambda_{эф} = \{a_{11} \cdot [\lambda_1 \cdot (1 - m) + \lambda_2 \cdot m_2] + \{a_1 / [(1 - m_2) / \lambda_1 \cdot (m / \lambda_2)]\}$$

где: λ_1, λ_2 – теплопроводность волокна и матрицы;

m_2 – объемная концентрация матрицы;

a_{11} , a_1 – численные коэффициенты, характеризующие объемную концентрацию в материале пакетов пластин, ориентированных параллельно или перпендикулярно тепловому потоку.

В [9] предложено принять $a_{11} = 1/3$ и $a_1 = 2/3$, хотя для них могут быть выбраны и другие значения. Моделирование структуры дисперсного материала в виде системы пластин, ориентированных определенным образом по отношению к направлению теплового потока, не отражает ни формы волокон, ни реального характера их распределения.

Более близка к реальной структуре материала, имеющего хаотическое распределение волокон, модель, учитывающая взаимное проникновение компонентов [8]. Для этой модели предложена следующая формула:

$$\lambda_{эф} = \lambda_1 \cdot [C^2 + \gamma \cdot (1 - C)^2 + 2 \cdot C \cdot (1 - C) \cdot (C \cdot \gamma + 1 - C)^{-1}],$$

где: $\gamma = \lambda_2 / \lambda_1$;

$C = d/\gamma$ – относительный размер элементарной структурной ячейки (отношение диаметра волокон d к среднему расстоянию между ними γ).

Для плоского хаотического распределения волокон [8]:

$$\gamma = \pi \cdot d / [4 \cdot (1 - m_2)]; \quad C = 4 \cdot (1 - m_2) / \pi.$$

Эти формулы справедливы и для объемных хаотических структур. Пригодность указанных формул для оценки среднего расстояния между волокнами в ряде случаев подтверждена экспериментально. Однако, в этой модели не учитывается лучистый перенос тепла и контактные термические сопротивления между волокнами.

В [8] рассмотрена модель дисперсного волокнистого материала с упорядоченной структурой. В ней предполагается параллельное распределение теплового потока, как по волокнам, так и по полимерной матрице, имеющей существенно более низкую теплопроводность. Такое допущение является достаточно грубым, но для тонких пластин (толщина не более 2 мм) оно не приводит к большим ошибкам.

В рамках указанной модели расчетная формула для вычисления эффективного коэффициента теплопроводности имеет вид:

$$\lambda_{эф} = \lambda_1 \cdot [m_2^2 \cdot \gamma + (1 - m_2)^2 + 4 \cdot \gamma \cdot m_2 \cdot (1 - m_2) / (1 + \gamma)]$$

Необходимо отметить, что основные сложности при моделировании теплообменных процессов в многокомпонентных системах заключаются в различии структурно-механических свойств и условий применения дисперсных материалов. Однако несмотря на то, что теоретические исследования проводятся с определенными приближениями, дальнейшее развитие аналитических методов расчета теплофизических характеристик указанных материалов позволит сократить затраты на проведение длительных, трудоемких и дорогостоящих экспериментов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чудновский А.Ф. Теплофизические характеристики дисперсных материалов. – М.: Изд. физ.-мат. литературы, 1962. – 456 с.
2. Лыков А.В. Теория сушки. – М.: Энергия, 1968. – 471 с.
3. Дульнев Г.Н., Сигалова З.В. Теплопроводность зернистых систем. – В кн.: «Тепло-и массоперенос». М.: Энергия, т. 7, 1966.
4. Каганер М.Г. Тепловая изоляция в технике низких температур. – М.: Машиностроение, 1968.
5. Васильев Л.Л. В кн.: «Исследования по теплопроводности».- Минск, Наука и техника, 1967.
6. Васильев Л.Л., Фрайман Ю.Е. Теплофизические свойства плохих проводников тепла. – Минск, Наука и техника, 1967.
7. Лыков А.В. Теплообмен. Справочник. – М.: Энергия, 1971.-560 с.
8. Дульнев Г.Н., Заричняк Ю.П. Теплопроводность смесей и композиционных материалов. Л.: Энергия, 1974, 264 с.
9. Справочник по пластическим массам. Под ред. Катаева В.М. Т.2.- М.: Химия, 1975 г.

АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ, СОСТАВА И СВОЙСТВ ЭКО-КОЖ С ЯБЛОЧНЫМ НАПОЛНИТЕЛЕМ

ANALYSIS OF THE STRUCTURE, COMPOSITION AND PROPERTIES OF ECO-LEATHER WITH APPLE FILLER

Н.В. Акинина, Н.В. Евсюкова, А.В. Пидюкова
N.V. Akinina, N.V. Evsukova, A.V. Pidyukova

Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина
(Технологии. Дизайн. Искусство), (Москва)
The Kosygin State University of Russia (Moscow)
E-mail: om@rguk.ru

В работе исследованы структуры промышленных синтетических эко-кож с яблочным наполнителем, различающиеся основой, структурой, финишной отделкой и содержанием яблочного пектина. Проведена идентификация полимерного связующего и определены показатели гигиенических и физико-механических свойств материалов.

Ключевые слова: синтетические кожи, полиэфируретан, эко-кожа, аналог натуральной кожи, натуральный наполнитель.

The paper investigates the structures of industrial synthetic eco-leather with apple filler, differing in the basic, structure, finish and content of apple pectin. The identification of the polymer binder was carried out and the indicators of hygienic and physico-mechanical properties of materials were determined.

Keywords: synthetic leather, polyesteruretan, eco-leather, natural leather analog, natural filler.

В наши дни широкое применение находят искусственные кожи для изготовления одежды и обуви, различных упаковочных решений, галантерейных изделий и отделки мягкой мебели. Производство является перспективным, что подтверждается высокой конкуренцией отечественных и иностранных производителей, а также уровнем современных технологий. Сегодня мягкие искусственные кожи обладают целым комплексом потребительских свойств – привлекательный внешний вид, широкая цветовая гамма, различная финишная отделка (от гладких и тисненых до искусственной замши), хорошую износостойкость, устойчивость к старению, воздействию света и температурным скачкам, при этом гигиенические характеристики аналогичны натуральной коже.

Мягкие искусственные кожи, как правило, представляют собой многослойные композиционные материалы. Они могут быть монолитными, пористыми и монолитно-пористыми, одно- и многослойными, безосновными и основными. В качестве основы используют ткани, трикотаж и нетканый материал. Следует учитывать, что тип основы оказывает определяющее влияние на жесткость, драпируемость, прочность и ряд других показателей. Развитая пористая структура (размер, количество и форма пор) обеспечивает комплекс показателей гигиенических свойств.

Для получения искусственных кож используют пластизольную, растворную или латексную технологии. Широкое применение находит не только традиционный «наносной» способ, при котором полимерный лицевой слой наносят непосредственно на основу и далее на него отделочный слой, но и более современный «переносной». В этом случае формирование начинают с нанесения отделочного слоя на силиконизированную основу-подложку, имитирующую структуру будущей поверхности материала, далее лицевой полимерный слой и основу. Каждая технология имеет свои особенности и используется для получения материала с заданными структурой и свойствами в зависимости от выбранного полимерного связующего [1, 2].

В настоящее время наибольшее распространение получили мягкие искусственные кожи на основе поливинилхлорида (ПВХ) и полиэфируретана (ПЭУ). Винилискожи получают по «наносной» технологии на хлопчатобумажной основе, они находят применение в галантерейной и мебельной промышленности, но мало пригодны для производства одежды и обуви, поскольку обладают невысокими показателями гигиенических свойств. Тонкие, мягкие кожи на основе растворов ПУ получают «переносным» способом, в качестве основы часто используют «подвижную» основу – нетканый материал или трикотаж. Полимерные материалы, полученные пропиткой нетканой основы раствором ПЭУ в диметилформамиде (ДМФА) с последующим фазовым разделением в среде нерастворителя с дальнейшей промывкой и сушкой, в России принято называть синтетическими кожами.

Современные синтетические кожи на основе ПЭУ по своей органолептике, структуре и комплексу показателей гигиенических свойств составляют достойную конкуренцию натуральной коже при производстве одежды и обуви. Материалы имеют многослойную структуру, в состав которой входит несущая основа, придающая материалу прочность, полимерное полиуретановое покрытие, обеспечивающее развитую пористую структуру и комплекс гигиенических свойств, а также отделочный слой с тиснением, придающий внешний вид, подобный натуральной коже.

В последнее время большое внимание уделяется вопросам экологии и защиты окружающей среды и, соответственно, модернизации производств и совершенствованию существующих технологий производства современных материалов. При производстве синтетических кож на основе растворов ПЭУ не используют вредные добавки, которые могли бы выделяться при эксплуатации, поэтому их часто называют «эко-кожей». Свойства кож определяются маркой ПЭУ, состав которого формируется при синтезе [3, 4]. Известны работы, где в качестве наполнителей для производства синтетических кож используют мелкодисперсную кожевенную крошку как отходы кожевенного производства. Сегодня появились предложения использовать возобновляемые растительные отходы от производства соков яблок, ананасов, манго в виде сублимированных порошков при производстве синтетических кож на основе ПУ. Эко-кожи высокого качества характеризуются отсутствием запаха, гипоаллергенностью, хорошей органолептикой, устойчивостью к температурным перепадам и высокими показателями эксплуатационных свойств, при этом натуральный наполнитель можно вводить как в состав полимерной композиции, так и в основы. Использование безопасной полимерной основы и возобновляемого сырья в виде отходов пищевого производства способствует уменьшению негативной нагрузки на окружающую среду и снижению углеродного следа, что полностью отвечает требованиям экологических нормативов.

За рубежом уже производят синтетические эко-кожи с натуральным наполнителем в промышленном масштабе, и сегодня, в условиях глобальных экономических санкций, остро встает вопрос импортозамещения подобных материалов [5, 6, 7].

Цель работы – анализ состава, структуры и свойств промышленных образцов синтетических эко-кож, содержащих в качестве наполнителя яблочный пектин.

Фирма Mabel специализируется на производстве кож на основе ПВХ и ПЭУ различного назначения – галантерейные, обувные, обивочные, одежные. В зависимости от сферы использования они различаются структурой (пористые и монолитные), основностью (ткань, трикотаж, нетканая основа, наличие армирующего слоя тонкой хлопчатобумажной ткани), толщиной, наличием различной финишной отделки (с лицевым покрытием и без него, гладкие и с тиснением). Для исследования были отобраны 4 образца: 2 на нетканой и 2 на трикотажной основе (табл. 1).

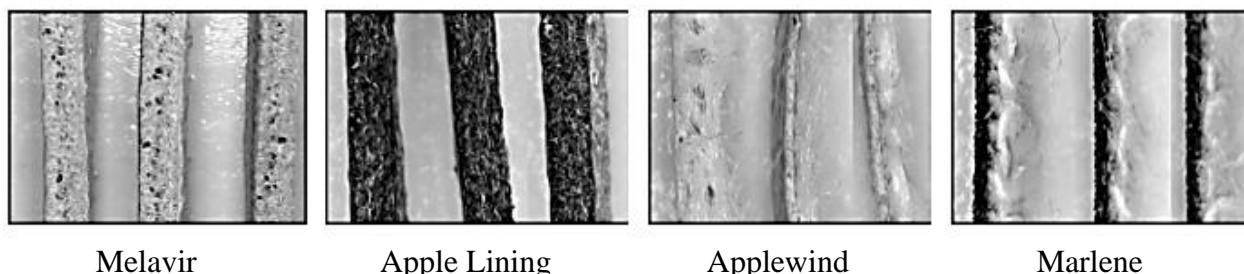
Характеристики исследуемых образцов Appleskin

Название СК	Композиция		
	Основа		Покрытие
1.Melavir	Полиэфир 18%	Нетканый материал	Полиуретан 43% Наполнитель 39%
2.Apple Lining	Вискоза 26% Полиэтилен 6%	Нетканый материал	Полиуретан 51% Наполнитель 17%
3.Applewind	Вторичный полиэфир 40%	Трикотаж	Полиуретан 43% Наполнитель 39%
4.Marlene	Хлопок 32%	Трикотаж	Полиуретан 55% Наполнитель 13%

Для идентификации полимерного связующего в работе использованы методы горения и растворения в органических растворителях (муравьиная кислота, циклогексанон, диметилформамид). Исследование микроструктуры образцов проводили методом оптической микроскопии на приборе Digital Vicoscope с лицевой и изнаночной сторон. Методом электронной сканирующей микроскопии (Phenom GSR) оценены размеры, структура и распределение пор внутри полимерной матрицы. По стандартной методике определены показатели гигиенических и физико-механических свойств.

Визуальный анализ показал, что все образцы являются многослойными, имеют основу, лицевой слой, при этом три образца имеют отделочный слой, а один образец на трикотажной основе имеет замшевидную поверхность (искусственная замша). Образцы с отделочным покрытием имеют слабо выраженную мерю.

Структурный анализ с использованием оптической микроскопии показал, что первые три образца имеют отделочный слой, а образец 4 имеет шероховатую поверхность лицевого слоя (рис. 1).

Рис. 1. Срезы образцов СК при оптической микроскопии ($\times 30$)

Образцы Melavir, Apple Lining имеют мелкопористую разветвленную структуру с равномерным распределением пор и наполнителя по всему объему лицевого слоя. Образцы Applewind и Marlene имеют редкие крупные поры. Следует отметить, что толщина лицевого слоя образцов на трикотажной основе почти в 3 раза меньше, чем у образцов на нетканой основе

Исследование срезов методом электронно-сканирующей микроскопии при увеличении в 400 раз показало, что первые два образца Melavir и Apple Lining имеют монолитный отделочный и пористой лицевой слой (рис. 2). Наблюдается равномерное распределение пор по всему объему полимерного связующего, при этом заметно увеличение размера пор от отделочного слоя в сторону основы, что хорошо коррелируется со строением кож типа корфам.

Образец Applewind имеет крупные круглые замкнутые поры, редко распределенные по лицевому слою, и монолитный отделочный слой. Адгезивный слой нанесен на трикотаж для более прочного сцепления лицевого слоя с объемной основой.

Необычную структуру имеет образец Marlene – искусственная замша. На трикотажную основу через адгезив нанесен лицевой слой, который имеет крупные редкие замкнутые поры. На поверхности имеются мелкие круглые и одинаковые по размеру частицы, которых нет в лицевом слое. Следовательно, и образец Marlene имеет отделочный слой, содержащий, вероятнее всего, наполнитель типа микросфер.

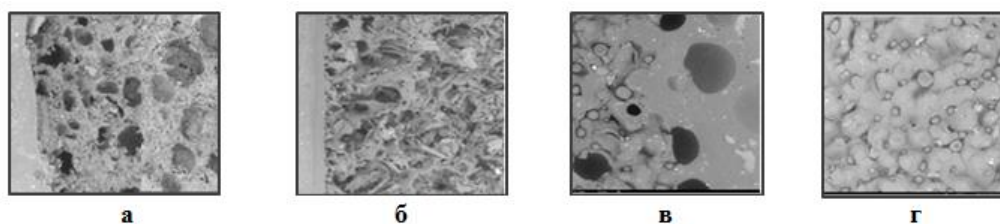
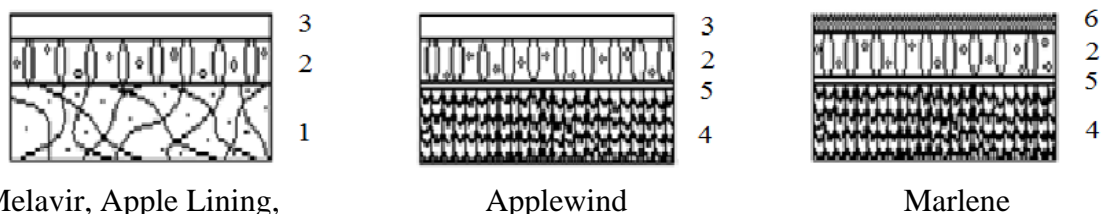


Рис. 2. Структура лицевого и отделочного слоев образцов при увеличении $\times 400$:
 а – образца Melavir, б - образца Apple Lining, в - образца Applewind;
 г – структура поверхности отделочного слоя образца Marlene

Известно, что компания Exrapcel производит расширенные и нерасширенные микросферы различного диаметра с термопластиковой оболочкой для придания искусственным козам трехмерного эффекта, подобного замше или нубуку [8]. Для этой цели используют частицы 80-120мкм (после расширения). Паста ПУ, содержащая микросферы Exrapcel наносится тонким слоем на кожу с последующим прогревом до 150-200°C, для расширения микросфер и придания требуемого эффекта. Для такой технологии отделки подходят СК, полученные всеми известными методами получения: переносным, наносным и методом фазового разделения.

На основе проведенного анализа можно сделать вывод, что все образцы имеют многослойную структуру – основу, лицевой и отделочный слой (рис. 3).



Melavir, Apple Lining,

Applewind

Marlene

Рис. 3. Структура анализируемых образцов СК: 1 – нетканая волокнистая основа, пропитанная раствором ПЭУ; 2 – лицевой слой; 3 – отделочный слой; 4 – трикотажная основа; 5 – адгезивный слой; 6 – отделочный слой с микросферами для придания замшевидного эффекта

В работе проведена идентификация полимерной основы, в результате которой подтверждено, что основой всех эко-кож является ПЭУ.

Анализ гигиенических характеристик показал, что образцы Melavir, Apple Lining имеют значение паропроницаемости $> 1,55 \text{ мг}/(\text{см}^2 \cdot \text{ч})$ благодаря развитой пористой структуре лицевого слоя, а образцы Applewind и Marlene порядка $1 \text{ мг}/(\text{см}^2 \cdot \text{ч})$. Гигроскопичность образцов колеблется в диапазоне от 0,2 до 0,3%. Предел прочности образцов по основе на нетканой основе составил 7-8 МПа, на трикотажной 12-18 МПа соответственно. Показатели по утку почти на 40% ниже для всех типов основы. Относительное удлинение по основе для образцов на нетканой основе составляет 45% и по утку порядка 130-140%, для образцов на трикотажной основе данные показатели выше на 30-50%. При этом образец Applewind имеет более высокие показатели. Это подтверждает, что основа принимает на себя основную нагрузку, при этом и состав основы и способ плетения имеют значение.

Таким образом, в работе проведен визуальный и структурный анализ промышленных образцов каталога Appleskin при помощи оптической и электронно-сканирующей

микроскопии. Установлено, что СК на нетканой основе имеют развитую пористую структуру и монолитный лицевой слой. Искусственная замша в составе отделочного слоя имеет в составе микросферы, обеспечивающие бархатистую структуру поверхности. Образцы с развитой пористой структурой основного слоя обеспечивают высокую паропроницаемость, что соответствует характеристикам СК. Использование трикотажной основы в отличие от нетканой приводит к увеличению предела прочности при растяжении и относительного удлинения. По данной выборке трудно оценить влияние количества натурального наполнителя на технологические и гигиенические свойства, поэтому далее будет определен технологический максимум наполнения и определено влияние наполнителя на свойства готовой продукции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Катаева О. В., Красина И. В. Анализ современных технологий производства искусственных мягких кож // Вестник Казанского технологического университета. – 2012. – Т. 15. – №. 6. – С. 107-108.
2. Андрианова Г.П. Искусственные кожи — это такое. Искусственные кожи –типы, строение, свойства и применение // Соросовский образовательный журнал. – 1999. – №. 9. – С. 52.
3. Бекашева А. С. Характеристики и свойства экокожи-материала, имитирующего натуральную кожу // Вестник Казанского технологического университета. – 2015. – Т. 18. – №. 16. – С. 134-136.
4. Meyer, M., Dietrich, S., Schulz, H., Mondschein, A., Comparison of the technical performance of leather, artificial leather, and trendy alternatives, Coatings. – 2021.– № 11 (2). – С. 226.
5. Никитина Л. Л., Гаврилова О. Е. Обзор развития и состояния производства искусственных кож для изделий легкой промышленности // Вестник Казанского технологического университета. – 2013. – № 21. – С. 184-187
6. Кушнарёва И. А., Томилина Л. Б. Экокожа // Новая наука: Современное состояние и пути развития. – 2017. – №. 1-1. – С. 77-79.
7. Микросферы Expancel // Продукция ООО "Лера" URL: <https://lega-nn.ru/products/produkcziya-ooo-lega/mikrosferyi-expancel/> (дата обращения: 09.09.2023). – Текст: электронный
8. <https://lega-nn.ru/products/produkcziya-ooo-lega/mikrosferyi-expancel/> (дата обращения 17.09.2023)

СИНТЕЗ МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ В ПРОИЗВОДСТВЕ ПОЛИАМИДА-6

SYNTHESIS OF MICROPROCESSOR CONTROL SYSTEM OF TEMPERATURE IN MANUFACTURING OF POLYAMIDE-6

Е.А. Алексеев

E.A. Alekseev

Ивановский государственный химико-технологический университет

Ivanovo State University of Chemistry and Technology

E-mail: 40lekseev_ea@isuct.ru

Работа посвящена синтезу и анализу микропроцессорной системы автоматического регулирования температуры гранул полимера на выходе из реактора-дополимеризатора. Параметры полиномиального регулятора были определены методом модального управления. Для получения цифровой реализации алгоритма регулирования был использован метод цифрового перепроектирования. Методом полунатурного моделирования была подтверждена работоспособность предложенного алгоритма.

Ключевые слова: полиамид-6, цифровое управляющее устройство, микропроцессорный контроллер, полиномиальный регулятор.

Microprocessor control system of temperature polymer pellets at outlet of prepolyamidation tank were designed and analyzed. Parameters of polynomial controller were derived by using modal control method. Digital form of controller was derived by using digital redesign method. Efficiency of proposed control algorithm were confirmed by hardware-in-the-loop simulation.

Key words: polyamide-6, digital controller, microprocessor controller, polynomial controller.

Одной из главных задач, решаемых при создании энерго- и ресурсоэффективных технологических процессов получения синтетического полимера ПА-6, является задача проектирования эффективных систем управления стадиями. Крупные предприятия, производящие полимер по типовым технологическим схемам, для поддержания номинальных значений регулируемых параметров как правило используют стандартные системы регулирования на базе ПИД регуляторов. На вновь вводимых малотоннажных предприятиях, где продукция производится нередко в несколько отличном аппаратурно-технологическом оформлении в сравнении с крупнотоннажными производствами, задачи управления не решены.

В работах [1-2] предложено энергоэффективное аппаратурно-технологическое оформление получения ПА-6, предусматривающее введение новой стадии дополиамидирования в твёрдой фазе. Процесс дополиамидирования проводят в реакторах типа «труба в трубе». Для обеспечения необходимого температурного режима в рубашку подается органический теплоноситель. Одним из ключевых технологических параметров стадии дополиамидирования является температура твёрдых частиц. Таким образом, задача синтеза системы регулирования температуры гранул на выходе из реактора является актуальной.

С использованием исходной нелинейной модели процесса дополиамидирования [2] была получена линеаризованная модель в форме передаточных функций. Передаточная функция по каналу регулирования температуры имеет следующий вид [3]:

$$W_{об}(s) = \frac{0.305}{s^3 + 1.73s^2 + 0.957s + 0.171} \quad (1)$$

Для обеспечения заданной температуры гранул полиамида, покидающих аппарат, предлагается использовать систему на базе цифрового полиномиального регулятора.

Системы с полиномиальными регуляторами «входа – выхода» предлагают наиболее простое в структурном отношении решение задачи синтеза систем модального управления [4]. Предлагаемый метод достаточно хорошо изучен и описан в литературе. В общем виде структура замкнутой системы с полиномиальным регулятором может иметь вид, показанный на рисунке 1.

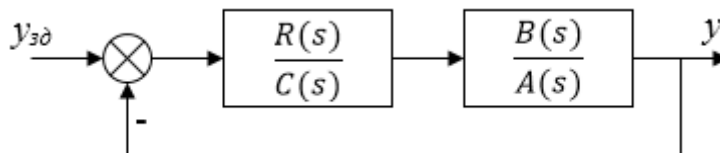


Рис. 1. Структурная схема замкнутой системы с полиномиальным регулятором

Передаточная функция замкнутой системы по каналу управления имеет следующий вид:

$$W_{зс}(s) = \frac{B(s)R(s)}{A(s)C(s) + B(s)R(s)},$$

где $R(s)$ и $B(s)$ – полиномы числителя передаточной функции регулятора и объекта, соответственно; $C(s)$ и $A(s)$ – полиномы знаменателя передаточной функции регулятора и объекта, соответственно.

Приравнявая характеристическое уравнение системы к эталонному уравнению, получим основное уравнение синтеза [5]:

$$A(s)C(s) + B(s)R(s) = D(s), \quad (2)$$

где $D(s)$ – эталонный характеристический полином замкнутой системы.

Приравняв коэффициенты при одинаковых степенях s в левой и правой частях уравнения (2) получим систему алгебраических уравнений, в которой неизвестными будут коэффициенты полиномов $R(s)$ и $C(s)$.

Системы на базе полиномиальных регуляторов, не содержащие в прямой цепи интегратор, могут обеспечить заданные быстродействие, степень колебательности и динамическую ошибку. Однако в этом случае статическая ошибка может быть недопустимо большой. Для её ликвидации в структуру регулятора дополнительно вводится интегратор [5]. Минимальный порядок регулятора при его аналоговой реализации получается при следующих степенях полиномов

$$\deg R(s) = \deg A(s) = 3, \deg C(s) = \deg R(s) = 3, \deg D(s) = \deg A(s) + \deg C(s) = 6$$

Для того, чтобы ввести астатизм в регулятор достаточно задать равным нулю коэффициент c_0 полинома $C(s)$. В этом случае передаточная функция полиномиального регулятора температуры примет следующий вид:

$$W_p(s) = \frac{r_3 s^3 + r_2 s^2 + r_1 s + r_0}{c_3 s^3 + c_2 s^2 + c_1 s} \quad (3)$$

В качестве желаемого характеристического полинома $D(s)$ был выбран бином Ньютона 6-го порядка

$$D(s) = s^6 + 6\Omega s^5 + 15\Omega^2 s^4 + 20\Omega^3 s^3 + 15\Omega^4 s^2 + 6\Omega^5 s + \Omega^6,$$

где Ω – настроечный параметр.

При выбранном времени регулирования $\tau_p \approx 5$ ч параметр $\Omega = 1.2$ (ч^{-1}). Тогда передаточная функция астатического полиномиального регулятора примет вид:

$$W_p(s) = \frac{32.17s^3 + 63.83s^2 + 42.68s + 9.79}{s^3 + 5.47s^2 + 11.18s} \quad (4)$$

На следующем этапе рассматриваемая система регулирования была реализована на программно-техническом комплексе (ПТК), включающем в себя программируемый логический контроллер ОВЕН ПЛК 154 и рабочую станцию оператора, соединённые между собой по сети Ethernet. В основе работы ПТК заложен принцип программно-аппаратного моделирования, согласно которому моделируется работа технологических объектов, а алгоритмы управления, взаимодействие с оператором и визуализация процесса реализуются на реальных технических средствах автоматизации.

Цифровая реализация регулятора температуры выполнена методом цифрового перепроектирования [6]. Цифровое перепроектирование – это определение структуры и параметров цифрового регулятора по его аналоговому прототипу, обеспечивающих максимальное соответствие динамических характеристик непрерывной и дискретной систем. При такте квантования 0.1 ч дискретная передаточная функция полиномиального регулятора записывается следующим образом:

$$W_p(z) = \frac{38989.59z^3 - 109702.8z^2 + 102893z - 32170}{1658.8z^3 - 109702.8z^2 + 3547z - 1000}$$

При сформулированных требованиях к точности в статике и динамике было проведено исследование предложенной системы управления методом полунатурного моделирования.

Переходные процессы выхода объекта (а) и управления (б) при изменении задания регулятору на величину $\Delta t_{\text{зад}} = +2$ °С показаны на рисунке 2. Как видно на данном рисунке замкнутая система регулирования выводит температуру гранул на заданную величину за время $\tau_p \approx 4$ ч. Это значение не превосходит максимально допустимого времени регулирования, составляющего 5 ч. В этой связи можно сделать вывод, что предложенная система является ковариантной с задающим воздействием.

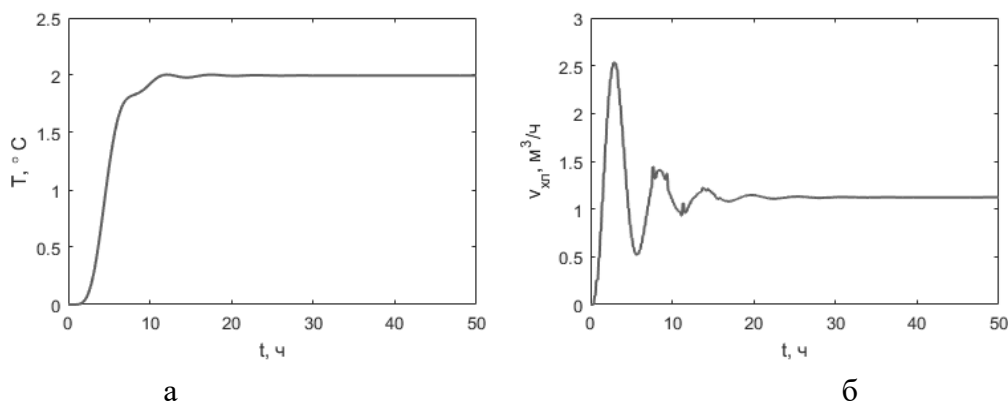


Рис. 2. Исследование замкнутой системы на ковариантность

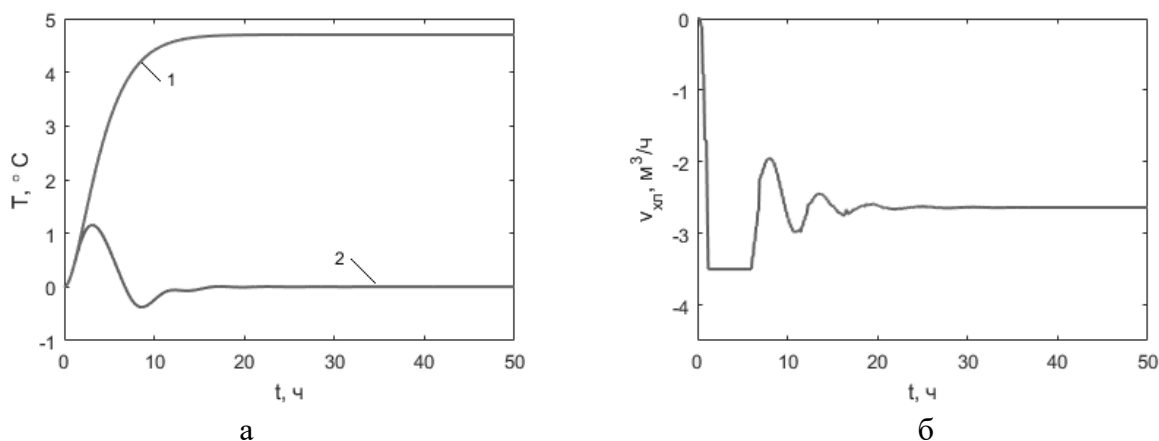


Рис. 3. Исследование замкнутой системы на инвариантность:
а – объект без регулятора; б – замкнутая система

На рис. 3 показаны переходные процессы выхода объекта (а) и управления (б) при действии на объект внешнего возмущения, которым является входная температура теплоносителя. При моделировании в исходную систему уравнений были дополнительно введены уравнения, отражающие действие возмущения на объект. При повышении температуры теплоносителя на входе в рубашку, реактор выходит на новый стационарный температурный режим (Рис. 3, а, линия 1). В этом режиме температура гранул имеет недопустимо большое отклонение от своих номинальных значений. Замкнутая система на базе полиномиального регулятора (рисунок 3а, линия 2) характеризуется наличием динамической ошибки 1,1 °С, однако статическая ошибка отсутствует. Таким образом, по результатам исследований можно сделать вывод, что предложенная система регулирования является работоспособной.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мизеровский, Л.Н. Твердофазный синтез полиамида-6 / Л.Н. Мизеровский, Ю.М. Базаров // Хим. волокна. – 2006. – № 4. – С. 40-48.
2. Алексеев, Е.А. Моделирование процесса получения полиамида-6 / Е.А. Алексеев, Б.А. Головушкин, А.Н. Лабутин, Е.В. Ерофеева // Изв. вузов. Химия и хим. технология. – 2015. – Т.58. – Вып. 1. – С. 65-68.
3. Лабутин, А.Н. Синтез алгоритмов управления температурой в реакторе твердофазного дополиамидирования / А.Н. Лабутин, Е.А. Алексеев // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. – 2021. – №3(67). – С. 63-69. DOI:10.6060/snt.20216703.0009
4. Тютиков, В.В. Робастное модальное управление технологическими объектами / В.В. Тютиков, С.В. Тарарькин – И.: Ивановский гос. Энергетический ун-т им. В.И. Ленина, 2006. – 256 с.
5. Методы классической и современной теории автоматического управления: Учебник в 5-и тт.; 2-е изд., перераб. и доп. Т.3: Синтез регуляторов систем автоматического управления / Под ред. К.А. Пупкова и Н.Д. Егупова. – М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. – 616 с.
6. Мита, Ц. Введение в цифровое управление / Ц. Мита, С. Хара, Р. Кондо; пер. с яп. – М.: Мир, 1994. – 256 С.

СОЗДАНИЕ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ТЕРМОРЕГУЛИРУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТЬЮ НА ОСНОВЕ МИКРОКАПСУЛИРОВАННОГО КОКОСОВОГО МАСЛА

CREATION OF TEXTILE MATERIALS WITH THERMOREGULATING ABILITY BASED ON MICROCAPSULATED COCONUT OIL

А.Ф. Алёхина, Е.А. Ерзунов, О.И. Одинцова
A.F. Alyokhina, E.A. Erzunov, O.I. Odintsova

Ивановский государственный химико-технологический университет
Ivanovo State University of Chemical Technology
E-mail: anast.aleohina2016@yandex.ru, erzunovk@mail.ru, odolga@yandex.ru

Предложена методика синтеза микрокапсул на основе кокосового масла, а также способ их иммобилизации на текстильный материал. Определены размер микрокапсул, изучена их архитектура и агрегативная устойчивость. Исследована способность обработанного материала сохранять тепловую энергию.

Ключевые слова: микрокапсулирование, вещества с фазовым переходом, кокосовое масло, терморегулирующие свойства, текстильные материалы.

The method for the synthesis of microcapsules based on coconut oil, as well as a method for their immobilization on textile material, is proposed. The size of microcapsules was determined, their architecture and aggregative stability were studied. The ability of the processed material to retain thermal energy was studied.

Keywords: microencapsulation, phase change materials, coconut oil, thermoregulation properties, textile materials.

На сегодняшний день текстильное производство стремится к инновациям в области модификации текстильных изделий, направленных на повышение качественных характеристик, таких как прочность, устойчивость к истиранию, гигроскопические и водоотталкивающие свойства, а также придание новых свойств, например, терморегулирующих или светоотражающих [1]. Данные модификации расширяют возможности применения функционального текстиля в различных отраслях: медицина, спорт, транспортная инфраструктура, архитектура и дизайн, а также в других областях деятельности. Одним из способов создания таких текстильных материалов является формирование на них специального покрытия [2].

Особый интерес представляют текстильные материалы, содержащие вещества с изменяемым фазовым состоянием, способные проявлять терморегулирующие свойства в определенном диапазоне температур. Материалы данного типа обладают свойством фазового перехода из твердого состояния в жидкое при достижении определенной температуры, сопровождающимся поглощением и сохранением большого количества тепловой энергии. При охлаждении происходит обратный фазовый переход, высвобождая ранее сохраненную теплоту. Это свойство веществ с изменяемым фазовым состоянием позволяет использовать их для обеспечения ткани способности сохранять тепло и выполнять функцию терморегуляции без изменения температуры [2]. Они используются при создании таких изделий, как термобелье, спортивные защитные элементы (наколенники и перчатки), куртки и специальная защитная одежда, предназначенная для работников, которым приходится работать при высоких перепадах температуры (пожарные и служащие на арктических станциях) [3].

Существуют вещества, которые могут регулировать температуру в широком диапазоне значений: гидратированные соли, парафины, органические и неорганические кислоты, а также масла. Для производства тканей с терморегулирующими свойствами, наиболее подходящими являются парафиновые воски и углеводороды с линейной цепочкой, так как они могут

аккумулировать тепло и их фазовые переходы происходят при температурах, близких к человеческому телу.

Органические масла природного происхождения имеют множество полезных свойств и могут использоваться в качестве накопителей тепла. Жирные кислоты обладают низкой температурой плавления и высокими значениями скрытой теплоты фазового перехода [4-5].

Модификация текстильных материалов с целью придания текстилю терморегулирующих свойств может быть проведена на стадии производства волокон или готовых изделий. Однако остается проблема фиксации таких веществ из-за их способности переходить из одного фазового состояния в другое. Для решения обозначенной проблемы может быть применен метод микрокапсулирования, основанный на изоляции вещества, выступающего в роли ядра микрокапсулы, путем формирования оболочки, что обеспечивает защиту кожных покровов, предотвращая десорбцию вещества с поверхности текстильного материала [6].


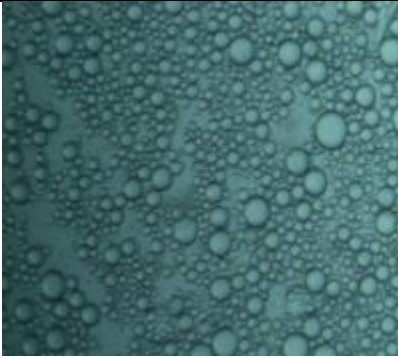
В настоящей работе для получения микрокапсул было выбрано кокосовое масло, которое обладает способностью к фазовому переходу. Данное вещество является доступным и недорогим, не обладает токсичностью, что делает его выгодным для использования в качестве ядра микрокапсул [7-9].

Основной целью данного исследования была разработка протокола синтеза микрокапсул. Для этого было необходимо подобрать компоненты системы, которые обеспечат формирование прочной оболочки вокруг активного вещества, кокосового масла, выступающего ядром микрокапсулы. Синтез микрокапсул осуществляли в несколько стадий. На первом этапе кокосовое масло постепенно эмульгировали в присутствии неионогенного ПАВ Твин 80 и стабилизатора – сульфата аммония. Выбор эмульгатора основан на том, что данная категория текстильно-вспомогательных веществ являются нетоксичными и активно используются в различных биомедицинских разработках. Систему интенсивно перемешивали в течение 15 минут на магнитной мешалке (600 об/мин) при температуре 55⁰С. Следующим шагом вводили в реакционную смесь мочевины, которая выступала в качестве оболочкоформирующего агента, и перемешивали в течение часа. При этом поддерживали значение pH на уровне 4,0-4,5 при помощи уксусной кислоты. Наконец, дополнительно вводили сшивающее вещество – формальдегидсодержащий препарат Отексид НФ и оставляли при перемешивании еще на один час.

Размер микрокапсул изучали с помощью прибора Photocor Compact Z, принцип работы которого основан на явлении динамического рассеяния света. Размер микрокапсул составил до 12 нм.

Архитектуру микрокапсул исследовали, используя поляризационный микроскоп, который позволял получить изображения микрокапсул высокого качества. Установлено, что микрокапсулы стремятся приобрести сферическую форму и сохранить её, что, главным образом, определяется природой и свойствами активного вещества – кокосового масла.

Состав и изображения микрокапсул, до и после выдержки дисперсии в течение 24 часов

Состав системы, г/л	Микрокапсулы в свежеприготовленной дисперсии	После выдержки в течение 24 ч
Кокосовое масло, 100% - 100г Твин 80 – 2 г (NH ₄) ₂ SO ₄ , 1% - 10 мл Мочевина, 1% - 70 мл Отексид НФ – 80 г Уксусная кислота до pH 4,5-5,0 Вода дистиллированная - до 1000 мл Перемешивание при T=50°C Эмульгирование τ=20 мин		

Показано, что методика является эффективной для получения стабильной дисперсии, содержащей однородные микрокапсулы небольших размеров, имеющие шарообразную форму, которые не стремятся к агрегированию в течение времени.

Существует несколько способов нанесения функциональных препаратов на текстильную основу, среди которых наиболее традиционными являются методы пропитки и печати. Однако в данном случае метод пропитки не обеспечивает высокой степени фиксации микрокапсул на ткани, поэтому при дальнейшем исследовании использовали метод печати. Полученную дисперсию микрокапсул загущали посредством добавления акрилового загустителя и связующего Рузина-14И. Для такой обработки была выбрана хлопчатобумажная ткань. Поверхность обработанного текстильного материала изучали при помощи поляризационного оптического микроскопа (рисунок 1).

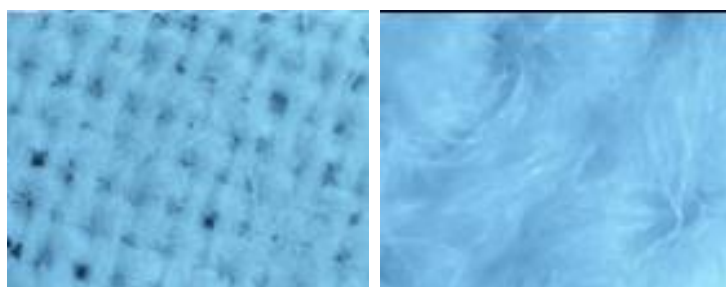


Рис. 1. Образец хлопчатобумажной ткани с нанесенным печатным составом

Текстильная печать позволяет наносить микрокапсулы на поверхность более равномерно, заполняя большинство пустот между волокнами, что особенно важно при создании терморегулирующих материалов.

Для изучения терморегулирующих свойств текстильных материалов с нанесенными составами была использована специализированная установка - Испытательная установка для определения воспламеняемости строительных материалов (ГОСТ-30402-96). Образцы текстильных материалов, необработанные и с нанесенными микрокапсулами, подвергались нагреванию до определенной температуры, затем нагрев прекращался и образцы постепенно остывали. При этом время нагревания и остывания тканей замеряли при помощи секундомера. Измерения температуры поверхности текстильных образцов осуществлялись с помощью прибора Тепловизора NETDTesto 875-1, принцип работы которого основан на методе инфракрасной термографии.

Получены зависимости температуры остывания необработанных образцов хлопчатобумажной ткани и образцов с нанесенной печатной композицией во времени (рис. 2).

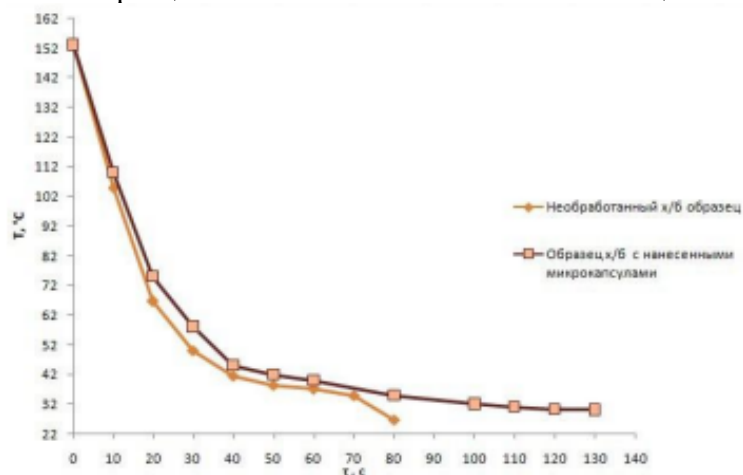


Рис. 2. Сравнение времени остывания х/б образцов без обработки и с нанесенными микрокапсулами на основе кокосового масла

Результаты исследования показали, что образец с нанесенным функциональным составом охлаждается заметно медленнее, чем необработанные образцы, что свидетельствует о проявлении тканью способности аккумулировать тепло.

Таким образом, разработана методика синтеза микрокапсул на основе кокосового масла. Установлено, что использование в качестве сшивающего агента формалина, позволяет обеспечить получение стабильных дисперсий микрокапсул однородных по форме и с небольшим размером частиц (до 12 нм). Показано, что наиболее эффективным способом нанесения микрокапсул является печать, с помощью которой возможно равномерное распределение частиц по текстильному материалу и заполнение межволоконного пространства. Использование акрилового связующего Рузина-14И позволяет достичь высокой степени полезного использования полученных микрокапсул. Методом инфракрасной термографии показано, что температура обработанного образца хлопчатобумажной ткани после нагрева снижалась медленнее, чем в случае с необработанным образцом. Это позволяет утверждать, что обработанный материал обладает способностью сохранять тепловую энергию.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (номер проекта FZZW2023-0008).

ЛИТЕРАТУРА

1. Левшицкая, О. Р. Оценка терморегулирующей способности текстильного материала, модифицированного микрокапсулированным веществом с изменяемым фазовым состоянием / О. Р. Левшицкая, Д. Б. Рыклин, Д. Ю. Агиевич // Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2017. – №. 1 – Т. 32. – С. 71– 80.
2. Mondal, S. Phase change materials for smart textiles—An overview / S. Mondal // Applied thermal engineering. – 2008. – V. 28. – N. 11–12. – P. 1536–1550.
3. Boh, B. Microencapsulation of essential oils and phase change materials for applications in textile products / B. Boh, E. Knez // – 2006.
4. Sarier, N. The manufacture of microencapsulated phase change materials suitable for the design of thermally enhanced fabrics / N. Sarier, E. Onder // Thermochimica acta. – 2007. – V. 452. – N. 2. – P. 149– 160.

5. Özönur, Y. Microencapsulation of coco fatty acid mixture for thermal energy storage with phase change material/ Y. Özönur, M. Mazman, H. Evliya, H.O. Paksoy // International Journal of Energy Research. – 2006. – V. 30. – N. 10. – P. 741–749.
6. Anson, R. Microencapsulation: For enhanced textile performance // Performance Apparel Markets / R. Anson // – 2005. – V. 12. – P. 21–39.
7. Chang, Z. Review on the preparation and performance of paraffin-based phase change microcapsules for heat storage / Z. Chang, K. Wang, X. Wu, G. Lei, Q. Wang, H. Liu, Y. Wang, Q. Zhang //Journal of Energy Storage. – 2022. – V. 46. – P. 103840.
8. Marina, A. Chemical properties of virgin coconut oil / A. M. Marina, Y. B. Che Man, S. A. H. Nazimah, I. Amin // Journal of the American Oil Chemists' Society. – 2009. – V. 86. – P. 301–307.
9. Bhattacharyya, A. Microencapsulation by complex coacervation: effect of cationic surfactants / A. Bhattacharyya, J. Argillier // Journal of Surface Science and Technology. – 2005. – V. 21. – N. 3/4. – P. 161.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФЕРРОМАГНИТНЫХ ЖИДКОСТЕЙ В СОСТАВЕ ЗАЩИТНОЙ ОДЕЖДЫ СПАСАТЕЛЬНЫХ ФОРМИРОВАНИЙ

USING OF FERROMAGNETIC LIQUIDS IN THE PROTECTIVE CLOTHING OF RESCUE UNITS

Р.Р. Аллямов¹, А.И. Самсонова², И.А. Суворов²
R.R. Allymov¹, A.I. Samsonova², I.A. Suvorov²

¹Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

²Ивановский государственный химико-технологический университет

¹Ivanovo fire-rescue Academy of State Fire Service of Russian Emergencies Ministry

²Ivanovo State University of Chemistry and Technology

E-mail: Harley-davison47@mail.ru, alenyshka.2016.samsonova@mail.ru,
unsuvorov@gmail.com

В работе представлены результаты оценки потенциала использования ферромагнитных жидкостей при создании специальной защитной одежды для сотрудников аварийно-спасательных формирований, направленной на удовлетворение требований к форменному обмундированию при проведении различных видов поисково-спасательных работ, температурных режимов и климатических особенностей. Особый интерес с точки зрения возможностей практического применения представляют эффекты памяти формы и сверхупругости, способные управляться с помощью магнитного поля. Указанные особенности были предложены на основе анализа публикаций, исследующих базовые соединения ферромагнитных сплавов и свойств композитов на его основе.

Ключевые слова: ферромагнитные жидкости, аварийно-спасательные формирования, сверхупругость, композиты.

The paper presents the results of an assessment of the potential of using ferromagnetic liquids in the creation of special protective clothing for emergency rescue personnel, aimed at meeting the requirements for uniforms during various types of search and rescue operations, temperature conditions and climatic features. Of particular interest from the point of view of practical application are the effects of shape memory and superelasticity, which can be controlled using a magnetic field. These features were proposed based on the analysis of publications investigating the basic compounds of ferromagnetic alloys and the properties of composites based on it.

Key words: ferromagnetic liquids, emergency rescue formations, superelasticity, composition.

Использование ферромагнитных жидкостей в роли ключевого инструмента или дополнительного ресурса, при решении задачи варьирования жесткости и мягкости материала, становится базовым решением, в нынешнее десятилетие. Так, модификаторы спортивных автомобилей марки Ferrari активно используют ферромагнитные жидкости при конструировании подвески, позволяя пилотам переходить от жесткости повестки к ее мягкости, при помощи магнетической манипуляции.

В тоже время, существует объективная необходимость применения личным составом аварийно-спасательных формирований типов боевой одежды, учитывающих специфику работы, например, по показателям, определяющим эргономический и физиолого-гигиенический уровень, характеризующимся способностью отводить продукты метаболизма из подкостюмного пространства, но обеспечивающим приемлемый уровень защиты. [1]

Целью данного исследования является оценка потенциала использования ферромагнитных жидкостей при создании специальной защитной одежды для сотрудников аварийно-спасательных формирований, которая будет способна применяться оперативными спасательными службами и подразделениями, при ликвидации различных чрезвычайных ситуаций, совместно с прочими средствами индивидуальной защиты. Основной задачей данной работы является заложение основы модели, применяя ферромагнитных жидкостей при создании специальной защитной одежды для аварийно-спасательных формирований с целью

увеличения эргономического удобства, без потери защитных свойств. Планируется, что решение поставленной задачи будет достигаться путем применения новых методик выявления и использования свойств ферромагнитных жидкостей, которые помогут улучшить и оптимизировать характеристики специальной защитной одежды оперативного состава аварийно-спасательных формирований.

Для достижения поставленной цели предлагается сосредоточиться на эффекте памяти формы. В основе, которого лежит термоупругое мартенситное превращение, когда приложенная к мартенситной фазе нагрузка всегда влечет за собой остаточную деформацию. При любых изменениях температуры деформированный образец восстанавливается до исходной формы, без потери, качеств прочности и термоупругости. [2]

Обозначенное управление тепловыми свойствами ферромагнитных жидкостей, приводит к возможности управления тепловыми свойствами текстильных материалов, способных применяться в составе специальной защитной одежды аварийно-спасательных формирований. Под воздействием магнитных полей, открывается возможность регулировать теплоотвод и теплоизоляцию текстильных изделий. Это приведет к созданию более эффективной специальной защитной одежды для различных климатических условий.

Справедливость данных заключений подтверждается, успешным опытом использования текстильных композитов на основе ферромагнитного сплава $Ni_{53}Mn_{24}Ga_{23}$. Физическое состояние, которого включает два слоя: упругий и слой с эффектом памяти формы. При этом элемент с эффектом памяти формы сохраняет свойства к обратимой деформации, например, растяжению. [3]

В специальной защитной одежде, для обеспечения аварийно-спасательных формирований, материал, полученный на основе ферромагнитных жидкостей, подойдет для использования в разных частях изделия, требующих разной степени прочности и эластичности. Например, комбинезон может иметь более прочные участки в области колен и бедер, где происходит большая нагрузка, и более эластичные участки на поясе для комфорта и подвижности личного состава. Магнитные поля могут быть использованы для активизации ферромагнитных составляющих в нужных областях, повышая их прочность или эластичность в случаях необходимости.

Существующие методы получения композиционных материалов, на основе ферромагнитных жидкостей, для использования в текстильной промышленности направлены на соединение разнородных материалов различными методами. Наиболее важными критериями таких методов являются масштабность, время получения конечного продукта и затраты на производство. Заявленным требованиям отвечают ферромагнитные сплавы $Ti_{50}Ni_{25}Cu_{25}$. [4] Обозначенные сплавы обладают необходимым эффектом памяти, при этом одним из методов получения таких материалов в виде композитов, для получения текстильных материалов, может выступать сверхбыстрая закалка из расплава. Данный метод отличается простотой, экономичностью и объёмной производительностью.

Многообразие оперативно-тактических задач, возложенных на аварийно-спасательные формирования, вынуждает искать пути создания специальной защитной одежды с повышенными оптимальными характеристиками. Способствовать инновациям и качественному улучшению текстильных изделий, обеспечивающих эргономичность и необходимый уровень безопасности личного состава, способны материалы, созданные с включением ферромагнитных жидкостей в свой состав.

Основной ключевой характеристикой ферромагнитных жидкостей является их способность к управлению магнитными свойствами под воздействием внешних магнитных полей, под воздействием магнитных полей, что позволит создавать специальную защитную одежду с разной степенью прочности и эластичности в разных частях изделия, с возможностью управлять тепловыми свойствами, для адаптации к использованию, в различных климатических условиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Некрасов, А. К. Прогнозирование температурных режимов и времени защиты боевой одежды пожарного от тепловых факторов пожара в условиях Арктического климата / А. К. Некрасов, В. И. Логинов, К. Э. Архиреев // Пожарная безопасность. – 2018. – № 3. – С. 86-90.
2. Быстрозакаленные ленты ферромагнетиков с памятью формы для магнитоуправляемых микромеханических устройств / Э. Т. Дильмиева, А. В. Иржақ, А. П. Каманцев [и др.] // Радиотехника и электроника. – 2017. – Т. 62, № 7. – С. 703-713. – DOI 10.7868/S003384941707004X.
3. Высокоскоростная работа композитного микроактюатора с эффектом памяти формы: математическое моделирование и эксперимент / П. В. Лега, С. Р. Романов, А. П. Орлов, В. В. Коледов // Дни калорики в Королеве: функциональные материалы и их приложения : Сборник тезисов 3-го Международного научного семинара, Королев, 16–20 августа 2022 года. – Челябинск: Челябинский государственный университет, 2022. – С. 46-48.
4. Оптимизация системы управления наномеханическими устройствами с эффектом памяти формы / А. В. Прокунин, В. В. Коледов, Д. Д. Кузнецов [и др.] // Журнал радиоэлектроники. – 2022. – № 2.

АНАЛИЗ СТРАТЕГИИ КОММЕРЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ**ANALYSIS OF THE COMMERCIAL STRATEGY OF THE ENTERPRISE**

Ш. Бабагелдиев, Е.Н. Власова
Sh. Babageldiev, E.N. Vlasova

Ивановский государственный политехнический университет
Ivanovo State Polytechnic University
E-mail: shatlyk.0400@mail.ru, vlasovaen-ivanovo@mail.ru

В работе приведена методика количественной оценки SWOT-анализа, рассмотрены сильные и слабые стороны, возможности и угрозы внешней среды на примере текстильного предприятия. Предложены альтернативные методы коммерческой деятельности для выбранного предприятия.

Ключевые слова: SWOT-анализ, альтернативные стратегии, коммерческая деятельность.

The paper presents a methodology for quantitative assessment of SWOT analysis, examines the strengths and weaknesses, opportunities and threats of the external environment using the example of a textile enterprise. Alternative methods of commercial activity for the selected enterprise are proposed.

Key words: SWOT analysis, alternative strategies, commercial activities.

SWOT-анализ – это определение сильных и слабых сторон предприятия, а также возможностей и угроз, исходящих из его внешней среды. К сильным сторонам относятся преимущества предприятия, к слабым – недостатки. При анализе возможностей рассматриваются факторы внешней среды, использование которых создаст преимущества предприятию на рынке, а при анализе угроз – факторы, которые могут ухудшить положение на рынке [1].

SWOT-анализ отличается доступностью, универсальностью, простотой применения и возможностью количественного анализа деятельности предприятия. Сопоставление полученных данных матрицы позволяет выявить, какие мероприятия можно рекомендовать с целью предотвращения негативных последствий развития предприятия.

В данном исследовании была составлена SWOT- карта деятельности на примере текстильного предприятия ООО «Тексмарк» г. Иваново (табл. 1). При оценке обозначена степень влияния факторов внешней и внутренней среды на деятельность объекта исследования. Она определяется экспертным путем по 5-балльной шкале оценки: возможности: 5 – очень высокие, 4 – высокие, 3 – средние, 2 – низкие, 1 – очень низкие; угрозы: 5 – очень сильная, 4 – сильная, 3 – средняя, 2 – слабая, 1 – очень слабая; сильные и слабые стороны: 5 – очень высокое значение, 4 – высокое, 3 – среднее, 2 – низкое, 1 – очень низкое.

Таблица 1

SWOT-карта деятельности «Тексмарк»

Параметры оценки	Возможности	Баллы	Угрозы	Баллы
Спрос	Стимулирование спроса посредством рекламы	4		
Конкурентные способности	Выход на новый рынок, расширение сферы деятельности	4	Рост числа производственных предприятий и торговых площадок и, как следствие предложений по швейным изделиям	5

Продолжение таблицы 1

Поставщики	Расширение деловых связей с поставщиками	4	Увеличение цен поставщиками, проблемы с поставками сырья	4
Маркетинг и продажи	Расширение ассортимента производимой продукции	4	Повышение требований покупателей	3
Экономика	Повышение качества и скорости выполнения заказов	5	Снижение уровня жизни населения, рост налогов и повышающийся уровень инфляции	4
Инновации	Приобретение нового современного оборудования	5	-	
	сумма	26	сумма	16
	Сильные стороны	Баллы	Слабые стороны	Баллы
Организация	Наличие штата профессиональных сотрудников	5	Отсутствие четко выраженной стратегии предприятия	4
Производство	Тесное сотрудничество с проверенными поставщиками сырья	4	Высокая себестоимость изделий собственного производства	5
Маркетинг и продажи	Многолетнее пребывание на рынке	4	Не применяются методы оценки и прогнозирования спроса и предложения на рынке	3
Ассортимент	Широкий ассортимент выпускаемой продукции и оказываемых услуг	5	-	
	сумма	18	сумма	12

На основе расчета общей оценки каждого из четырех секторов SWOT-карты установлено, что наибольшее влияние имеют возможности (26 баллов). Далее в порядке уменьшения влияния следуют сильные стороны, угрозы и слабые стороны, набравшие 18, 16 и 12 баллов соответственно. Для определения связей между возможностями, угрозами, сильными и слабыми сторонами деятельности данного предприятия составлена обобщающая SWOT-матрица (табл. 2).

Таблица 2

Обобщающая SWOT- матрица для «Тексмарк»

Поля (баллы)		Возможности	Угрозы
		Баллы (26)	Баллы (16)
Сильные стороны	Баллы (18)	$18 \cdot 26=468$	$18 \cdot 16=288$
Слабые стороны	Баллы (12)	$12 \cdot 26=312$	$12 \cdot 16=192$

Перемножение факторов в SWOT-карте позволило получить значения в полях SWOT-матрицы (Слабость – возможности, Слабость – угрозы, Сила – возможности, Сила – угрозы). Наибольшее значение определяет стратегическую цель, направление развития коммерческой деятельности предприятия и выбор стратегии развития. Результаты расчета показали, что наибольшее значение получено в поле «Сила – возможности» (СИБ) – 468. Стратегии СИБ опираются на частичное игнорирование возможных угроз и основываются на максимальной реализации возможностей с опорой на сильные стороны организации (табл. 3).

Предприятие должно стремиться одновременно максимизировать сильные стороны и возможности. Разработанная стратегия формулируется в общих выражениях, предусматривает рыночные тенденции.

Таблица 3

Альтернативные методы коммерческой деятельности предприятия «Тексмарк» по результатам SWOT-анализа и цели деятельности

Поле SWOT-матрицы	Основная цель деятельности	Стратегия деятельности	Стратегические альтернативы
Сила и возможности (СИВ)	Получение максимальной прибыли	Стратегия роста (использование сильных сторон предприятия для реализации возможностей)	1. Концентрированный интенсивный рост: расширение рынка (поиск новых рынков) 2. Интегрированный рост: вертикальная интеграция (объединение по цепочке: поставщик – розничное торговое предприятие); горизонтальная интеграция (контроль над конкурентами, их объединение). 3. Диверсифицированный рост: центральная диверсификация (более полное использование возможностей освоенного рынка), горизонтальная диверсификация (ориентировка на имеющиеся возможности для реализации принципиально новых товаров); конгломератная диверсификация (освоение новых рынков)

Модели современного стратегического анализа дают представление об этапах, содержании и последовательности выполнения работ для достижения предприятием конкурентного преимущества в условиях нестабильной внешней среды [2]. При реализации выбранной стратегии предприятию "Тексмарк" необходимо обращать внимание на соответствие организационной структуры типу и характеру стратегических изменений. Для успешной реализации стратегии необходимо сформировать адаптивную организационную структуру. Основой конкурентоспособности являются ключевые компетенции предприятия, поэтому все изменения должны направлять все ресурсы на их формирование и дальнейшее развитие.

Таким образом, в данной работе приведена методика количественной оценки деятельности предприятия; проведен SWOT-анализ деятельности «Тексмарк» и предложены альтернативные методы коммерческой деятельности для данного предприятия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аладына С.Е., Власова Е.Н. Анализ конкурентоспособности магазинов, реализующих обои в г. Иваново / Актуальные проблемы социально-экономического развития современного общества: сб. статей I международной заочной научно-практической конференции 20 апреля 2020 года / под ред. М.П. Разина, Л.Н. Шмаковой, Н.С. Семенов, М.Л. Зеленкевич, Т.В. Борздовой. – Киров: Кировский ГМУ Минздрава России, 2020. – С. 133-135.
2. Занова Л.Н., Михайлова Л.В., Власова Е.Н. Теоретические основы товароведения и экспертизы: Учебное пособие. – М.: Изд.-торг.корп. «Дашков и К», 2015. – 192 с.
3. Оборин М.С. Перспективы рыночной интеграции предприятий текстильной промышленности России// Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. -2023.- №2.- С. 58-62

**ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРЫ ПЕРЕПЛЕТЕНИЯ НА ПРОЧНОСТНЫЕ
ХАРАКТЕРИСТИКИ ТКАНИ ИЗ ПОЛИАМИДНЫХ НИТЕЙ**

**INFLUENCE OF THE WEAVE PATTERN ON THE STRENGTH
CHARACTERISTICS OF POLYAMIDE THREAD FABRIC**

П.В. Борисов, Д.А. Мирошниченко, Т.Ю. Карева
P.V. Borisov, D.A. Miroshnichenko, T.Yu. Kareva

Ивановский государственный политехнический университет
Ivanovo State Polytechnic University
E-mail: tlp_pti@ivgpu.ru

В статье рассмотрено влияние одно и многослойных переплетений тканей на их физико-механические свойства при соблюдении требований высокой и равной прочности тканого полотна по обеим системам. Проведен анализ свойств выработанных опытных образцов технических тканей, приведены сравнительные характеристики полиамидных нитей.

Ключевые слова: полиамид, техническая ткань, переплетение, ткачество

The article considers the influence of single and multi-layer interlacing of fabrics on their physical and mechanical properties while meeting the requirements of high and equal strength of the woven fabric for both systems. The analysis of the properties of the developed prototypes of technical fabrics is carried out, the comparative characteristics of polyamide yarns are given.

Keywords: polyamide, technical fabric, pattern weave, weaving

Современные текстильные материалы разнообразны по структуре, сырьевому составу и широко используются во многих отраслях народного хозяйства. Наряду с тканями бытового назначения, в Российской Федерации с каждым годом увеличивается выпуск тканей технического применения, например, с резиновым, пластмассовым покрытием или в качестве основы для композитов. Особым интересом, для достижения научно-технологического суверенитета страны, является создание новых эффективных материалов и разработка технологий их производства в высокотехнологичных отраслях промышленности. Получение новых текстильных материалов особенно актуально для авиационной, ракетно-космической и оборонной отраслей, в которых требования к материалам особенно высоки [1]. Они должны обладать высокой прочностью, износостойкостью и выдерживать значительные нагрузки при сопротивлении тканого полотна проколу.

Достичь высоких показателей этих характеристик можно путем разработки новых видов технических тканей. Одним из наиболее востребованных материалов, для изготовления текстильных изделий специального назначения, является полиамид. Полиамидная нить имеет высокие физико-механические свойства, что позволяет использовать ее при создании прочных тканых материалов.

При разработке технологии получения нового текстильного материала необходимо проведение предварительного проектирования будущей ткани и изготовление опытных образцов для определения оптимальной структуры текстильного материала по результатам физико-механических испытаний. Целью данного исследования является проектирование структур и заправочных параметров равнопрочного тканого полотна с показателями разрывных нагрузок ткани по основе и утку не менее 10000 Н/см, при использовании в качестве сырья полиамидных (ПА) нитей.

Для достижения вышеуказанной цели были поставлены и выполнены следующие задачи:

– подбор сырья с учетом требований высоких разрывных показателей текстильного материала;

- проектирование структуры тканого полотна, расчет заправочных параметров и разработка заправочных рисунков;
- изготовление опытных образцов и определение их физико-механических характеристик.

В качестве исходного материала были выбраны полиамидные нити двух изготовителей, ООО «Курскхимволокно» г. Курск и ОАО «Гродно Азот» (Белоруссия), характеристики которых представлены в таблице 1.

Таблица 1

Характеристики полиамидных нитей

Наименования показателей	Нити ООО «Курскхимволокно»	Нити ОАО «Гродно Азот»
Номинальная линейная плотность, текс	210	288
Количество филаментов в нити	280	280
Разрывная нагрузка, Н, не менее	175	235
Удлинение при разрыве, %	18-24	22
Линейная усадка нити в сухом состоянии, %, не более	9	8
Термостойкость нити, %, не менее	90	90
Массовая доля замасливателя, %, не более	1,2	1,2

Изготовление опытных образцов проводилось в лаборатории текстильных технологий Научно-образовательного центра ИВГПУ на полуавтоматическом ткацком станке на 12 ремизках рядовой проборкой.

Для достижения требования получения равнопрочной ткани с высокими прочностными показателями необходимо формировать тканое полотно с большими значениями плотностей как по основе, так и утку, что возможно только при значительной величине отношения раппорта переплетения по утку к среднему числу пересечек по основе и наоборот [2]. То есть при использовании переплетений с длинными настилами как по основе, так и по утку. Однако в этом случае достичь высоких показателей сопротивления проколу будет сложно. Принимая во внимание вышеуказанное, а также возможность формирования на одной заправке ткацкого станка нескольких переплетений без перезаправки для исследований были выбраны следующие виды переплетений:

- полотно;
- рогожка 3/3;
- рогожка 6/6;
- 3х-слойное на базе полотняного переплетения;
- 4х-слойное на базе полотняного переплетения;

Для опытного изготовления образцов тканей были проведены их заправочные расчеты, на основе которых выбран номер берда и принято количество нитей, пробираемых в зуб берда с учетом возможной потери прочности ПА нитей в процессе ткачества из-за разрушения филаментов.

Изготовление опытных образцов осуществлялась на двух заправках ткацкого станка. В первом случае станок был заправлен нитями линейной плотности 210 текс производства ООО «Курскхимволокно». Физико-механические исследования полученных образцов позволили выявить, что наилучшие значения по разрывной нагрузке, среди материалов однослойного строения, обеспечила ткань с переплетением рогожка 6/6, что и следовало ожидать, так как при этом переплетении на единицу длины вводится большее количество нитей, как по основе, так и по утку. Однако получить высокие значения разрывной нагрузки и выполнить условие равнопрочности ткани по основе и утку не получилось.

Принимая во внимание условие равной прочности тканого полотна по основе и утку и сложность наработки ткани с высокой плотностью по утку при одновременно высокой

плотности по основе, а также тот факт, что чем больше длина перекрытия в переплетении, тем меньше оно сопротивляется проколу, было принято решение выработать многослойный образец ткани, разрез вдоль нитей основы которого представлен на рисунке 1. Данное 3х-слойное переплетение обеспечивает увеличение плотности ткани по утку за счет расположения этих нитей в слоях одна под другой [3, 4]. При этом переплетения внешних сторон ткани – полотняное.



Рис.1. Переплетение 3х-слойной ткани

Ткань, выработанная многослойным переплетением по сравнению с тканью, выработанной переплетением рогожкой 6/6 имела меньшие значения разрывных нагрузок, но была при этом ближе к равнопрочной, в связи с чем данное переплетение было выбрано, наряду с рогожкой 6/6, для дальнейших исследований.

Поскольку ни один из образцов тканей не обеспечил высоких показателей разрывных характеристик по основе и утку, то дальнейшие исследования проводили с ПА нитями производства ОАО «Гродно Азот» линейной плотности 288 текс.

Для обеспечения требуемой разрывной нагрузки ткани по основе на второй заправке ткацкого станка было изменено бердо и увеличено число пробираемых нитей основы в зуб берда. При этом плотность расположения нитей основы по берду обеспечила увеличение заправочной плотности по сравнению с первой заправкой в 1,14 раз. Одновременно увеличение текса используемой нити обеспечило увеличение разрывной нагрузки нитей по сравнению с нитями первой заправки в 1,65 раз.

В условиях второй заправки были выработаны образцы тканей переплетением рогожка 6/6 и трехслойное. При этом 3-х слойное переплетение обеспечило требуемую разрывную нагрузку ткани по основе, а значение разрывной нагрузки по основе рогожки 6/6 приблизилось к требуемому. Однако, в обоих случаях разрывная нагрузка ткани по утку оказалась значительно ниже требуемого значения и условие равнопрочности не было выполнено.

В этой связи, для увеличения плотности по утку 3-слойной ткани было осуществлено прокладывание в каждый зев по две нити утка, а также, принимая во внимание положительный опыт формирования равнопрочных не однослойных тканей, произведен опытный образец 4-слойной ткани также при прокладывании в каждый зев двух уточных нитей [5]. Такой образец ткани имел требуемое значение разрывной нагрузки по основе, а разрывная нагрузка ткани по утку оказалась выше, чем по основе. Однако у этого образца значительно повысилась толщина, по сравнению с тканью 3-х слойного переплетения в 1,72 раза.

Таким образом по результатам испытаний спроектированных образцов тканых полотен был сделан вывод о том, что для производства технической ткани с разрывной нагрузкой не менее 10000 Н/см следует использовать многослойные переплетения. Условию равнопрочности в большей степени отвечает ткань 4-х слойного переплетения, однако стоит

учитывать, что она имеет значительно большую толщину по сравнению с 3-х слойными тканями, что может ограничить область ее применения. Для достижения требуемых характеристик равнопрочности при высоких разрывных показателях и небольшой толщине материала необходимо проводить дальнейшие исследования как структур переплетений тканей, так и апробацию других видов исходного сырья.

ЛИТЕРАТУРА

1. A.A. Zhansitov, S.Yu. Khashirova, A.L. Slonov, Zh.I. Kurdanova, A.S. Shabaev, A.A. Khashirov A.K. Mikitaev. Development of technology of polysulfone production for 3D printing. // High Performance Polymers, 29(6), (2017) 724–729.
2. Г.И. Толубеева, Т.И. Шейнова, Т.Ю. Карева, Р.И. Перов Теория строения и проектирования тканей: основные положения и понятия // Иваново: ИГТА, 2012.-228 с.
3. Борисов П.В., Мирошниченко Д.А., Карева Т.Ю. Проектирование ткани специального назначения // Молодые ученые - развитию Национальной технологической инициативы (ПОИСК). 2023. № 1. С. 72-73.
4. Карева Т.Ю., Толубеева Г.И., Мирошниченко Д.А. К вопросу формирования ткани с разноурабатывающимися нитями // В сборнике: Сборник научных трудов Международной научной конференции, посвященной 110-летию со дня рождения профессора А.Г. Севостьянова. Материалы конференции. Москва, 2020. С. 185-188.
5. Кожевникова Л.В., Карева Т.Ю., Кожевников С.О. Сравнительное исследование физико-механических свойств триаксиальной ткани и ткани ортогонального строения полотняного переплетения // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2022. № 3 (399). С. 148-151.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ШВЕЙНЫХ МАШИН КОНТУРНОГО ШИТЬЯ

THE EFFECTIVENESS OF CONTOUR SEWING MACHINES

Н.Д. Бочкина¹, А.М. Жукова¹, О.В. Радченко¹, Е.П. Покровская²
N.D. Bochkina¹, A.M. Zhukova¹, O.V. Radchenko¹, E.P. Pokrovskaya²

¹Ивановский государственный политехнический университет

²ООО «ТрансМеталл» (г. Иваново)

¹Ivanovo State Polytechnic University

²ООО «TransMetall» (Ivanovo)

E-mail: bochkina.98@list.ru, aaallisaa@mail.ru,
radchenale@yandex.ru, epokrovskaja@mail.ru

Принципы эффективного использования швейных машин контурного шитья с числовым программным управлением. Аналитический метод нормирования труда оператора швейного оборудования для проектирования порядка и очередности работы с комплектами шаблонов. Циклограммы загрузки швейных машин для определения оперативного времени организационной операции.

Ключевые слова: швейные машины, числовое программное управление, шаблон, циклограмма, хронометраж, оперативное время.

Principles of effective use of contour sewing machines with numerical control. Analytical method of rationing the work of the operator of sewing equipment for designing the order and sequence of work with sets of templates. Cyclograms of sewing machine loading to determine the operational time of an organizational operation.

Keywords: the sewing machine, numerical control software, pattern, cyclogram, timing, operational time

Актуальной задачей швейного производства является сокращение производственного цикла изготовления одежды. Один из путей решения – это повышение технического уровня производства за счет внедрения более совершенной техники, технологии и организации работ. Швейные машины с ЧПУ (числовым программным управлением) имеют свои особенности, а именно управление осуществляется от программоносителя, на который в числовом виде занесена геометрическая и технологическая информация о выполнении технологической операции. В машинах с ЧПУ реализованы основные элементы мехатроники (сочетание электронной системы управления с механическими системами исполнения) [1, 2].

Огромный резерв повышения эффективности швейного производства сосредоточен во внедрении в технологический процесс автоматических машин контурного шитья с программным управлением. Эти машины также иногда называют шаблонными или «шаблонниками», так как для обработки деталей и узлов требуются специальные шаблоны, изготавливаемые индивидуально под конкретную технологическую операцию в соответствии с техническим заданием клиента. Замена швейных машин неавтоматического действия полуавтоматами влияет на этапы разработки и постановки продукции на производство [3, 4].

Популярны шаблонные швейные машины фирм-производителей Juita, Joyee, Jack, Juki, Brother, MivaMac, Zoje, Richrease, Aurora, Bruce. Модели машин могут сочетать механизмы, реализующие ниточные строчки челночного стежка и резку материала, что позволяет использовать «грубый» крой на операциях «обтачивание», подрезать припуски швов и излишки ткани в углах воротников, клапанов и бортов, разрезать детали по линиям застежки и входа в карман, сокращая количество технологических переходов.

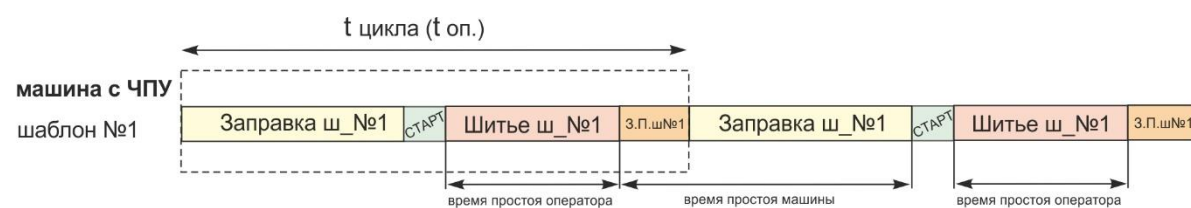
Проведен поиск известных технических решений и сбор информации о способах (методах) обработки деталей и узлов в шаблонах на полуавтоматическом оборудовании.

Разработаны конструкции шаблонов для изготовления унифицированных узлов «соединение накладного кармана», «обтачивание борта жакета», «обтачивание клапанов» и

«обтачивание воротников», отвечающие требованиям функциональности, удобства укладки деталей кроя в шаблон, надежность фиксации деталей кроя в шаблоне на этапе стежкообразования и резки.

Выполнены исследования в Учебно-производственном комплексе «Профессионалитет» ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет» на машинах JACK MS-100A+95SSYX-F11AF13 и MX-100A+95SSYX-F11AF13 (модель с вращающимся на 360° игловодителем). Метод исследования – хронометраж по отдельным отсчетам времени.

Сопоставлена работа одного оператора на машине JACK MS-100A с разным дополнительным оснащением по количеству шаблонов одного размероста. На рис. 1 и 2 приведены циклограммы загрузки машины и оператора на организационной операции «формирование краев накладного кармана и настрачивание его на полочку».



Условные обозначения:

- Заправка ш_№1 - укладка деталей кроя в шаблон (№1 или №2), фиксация в элементах шаблона
- Шитье ш_№1 - стачивание, резка на машине, перемещение шаблона в рабочей зоне (автоматический цикл шитья)
- СТАРТ - установка шаблона в рабочую зону машины, пуск
- З.П.ш№1 - заключительные процессы (съем полуфабриката)

Рис. 1. Циклограмма загрузки машины с одним шаблоном

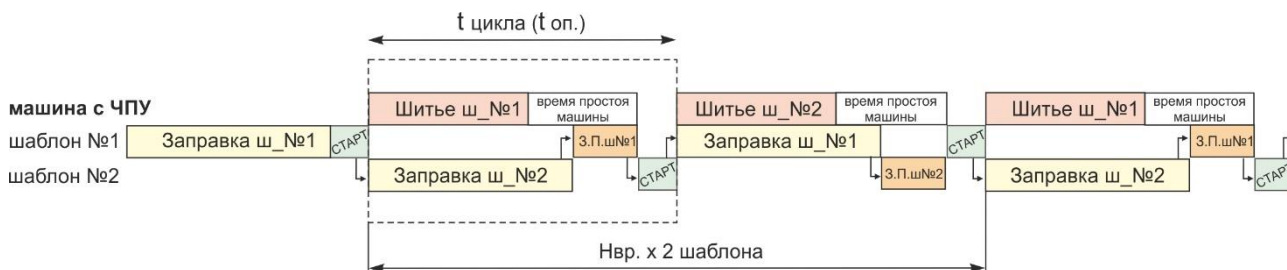


Рис. 2. Циклограмма загрузки машины с двумя шаблонами

В программноноситель машины была введена технологическая и геометрическая информация для шаблона №1 (2). Оперативное время ($t_{оп.}$) одного цикла обработки узла одежды включало:

- подготовительный процесс: «заправка ш№1 (взять шаблон и расположить на вспомогательном столе, загрузить детали в шаблон, зафиксировать их прижимными элементами шаблона)» и «старт» (поместить шаблон в рабочей зоне, RFID, зажать шаблон в устройстве перемещения, пуск);
- рабочий процесс «шитье» (настрачивание детали);
- заключительный процесс «З.П. ш№1 (2)» (вывести шаблон из рабочей зоны на вспомогательный стол, снять полуфабрикат после обработки, сложить полуфабрикат в пачку).

Видно, что подготовительно-заключительные процессы занимают до 60% от оперативного времени. Значительно сократить время организационной операции (рис. 2) позволяет использование двух одинаковых шаблонов. Для данной операции коэффициент загрузки машины и оператора составил 0,67 и 1,00 соответственно.

Особенности обработки в шаблонах усложняют цикл шитья по сравнению с обработкой на типовых полуавтоматах. Например, заготовка прорезного кармана в рамку на полуавтомате

Robotech FF6100 T или Juki ARW-896N (895NL) выполняется за один цикл, включающий: формирование обтачек, перемещение деталей в зону обработки, настрачивание деталей двумя параллельными строчками (в полуавтомате установлена двухигольная швейная головка), разрезание основной детали по линии входа в карман, вывод обработанных деталей из зоны обработки и укладывание их в пачку. Конструкция шаблона для полуавтоматов контурного шитья не обеспечивает сложное пространственное расположение обтачек кармана, поэтому программу цикла шитья прописывают с остановками. Сначала оператор заправляет основную деталь изделия в шаблон и запускает цикл шитья. Машина выполняет разрезание детали по линии входа в карман и останавливается, выполнив только первую часть цикла шитья. Затем оператор заправляет детали обтачек кармана, клапана, подкладки кармана и нажимает на пуск, машина выполняет вторую часть цикла шитья (настрачивание деталей).

Кроме того, необходимо учитывать на машинах с небольшим полем шитья JACK M5 наличие дополнительной опции «вытяжное устройство». Всасывающая площадь, расположенная справа от головки в координатном OXУ поле стола машины, обеспечивает снижение времени укладки деталей в шаблон. Такая модель полуавтомата предусматривает последовательное выполнение приемов операции.

Аналитический метод нормирования труда позволил установить технически обоснованные нормы времени на основе анализа производственных возможностей рабочего места оператора швейного оборудования на полуавтомате с ЧПУ, обосновать проектирование порядка и очередности работы с комплектами шаблонов. Таким образом, принцип эффективного использования швейных машин контурного шитья с ЧПУ требует определенной проектно-технологической подготовки производства при запуске новых моделей, оптимизации времени организационной операции за счет параллельности выполнения подготовительно-заключительных и рабочих процессов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ермаков, А.С. Оборудование швейного производства: учебное пособие для среднего профессионального образования / А. С. Ермаков. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2023. — 259 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-07297-6. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/512783>
2. К вопросу разработки шаблонов для швейных машин программируемой строчки / А.М. Жукова, О.В. Радченко. // Молодые ученые - развитию Национальной технологической инициативы (ПОИСК). 2023. № 1. С. 95-96.
3. Технологическая подготовка производства для введения в технологический процесс швейного автомата RICHPEACE / Д.А. Долинкина, О.В. Радченко. // Молодые ученые - развитию Национальной технологической инициативы (ПОИСК). 2018. № 1. С. 100-101.
4. Направления совершенствования швейных машин для обработки новых материалов / О.В. Радченко, В.В. Козырев, Т.С. Политика // В сборнике: Новое в технике и технологии в текстильной и легкой промышленности. Материалы докладов Международной научно-технической конференции. Витебский государственный технологический университет. 2015. С. 248-249.
5. Современные проблемы управления изменениями в государственной программе «Развитие конкурентоспособности текстильной и легкой промышленности» Минпромторга России / В.В. Филатов, В.Ю. Мишаков, О.А. Скрыльникова, М.В. Бузулуцкая, В.В. Самсонова, Л.С. Мариен // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности, 2023. - №2 (404). С. 5-17.

**ПРИДАНИЕ ЦЕЛЛЮЛОЗОСОДЕРЖАЩИМ МАТЕРИАЛАМ НОВЫХ
ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СВОЙСТВ ПРИ ОБРАБОТКЕ В ДИСПЕРСИИ
АЛЮМОСИЛИКАТОВ**

**GIVING NEW FUNCTIONAL PROPERTIES TO CELLULOSE-CONTAINING
MATERIALS WHEN PROCESSING IN ALUMINOSILICATE DISPERSION**

Ф.А. Быков, А.О. Владимирцев, Д.Е. Рожкова, Е.Л. Владимирцева
F.A. Bykov, A.O. Vladimirtsev, D.E. Rozhkova, E.L. Vladimirtseva

Ивановский государственный химико-технологический университет
Ivanovo State University of Chemistry and Technology
E-mail: baiii1@mail.ru

Работа продолжает серию исследований, направленных на изучение эффективности использования в отделочном производстве нерастворимых алюмосиликатов. Сравнивается действие, оказываемое на сорбционную активность целлюлозного волокна иммобилизованными на его поверхности модифицированным и природным бентонитами.

Ключевые слова: целлюлозное волокно, бентонит, краситель, УФ-излучение

The work continues a series of studies aimed at studying the effectiveness of using insoluble aluminosilicates in the finishing industry. The effect exerted on the sorption activity of cellulose fiber by modified and natural bentonites immobilized on its surface is compared.

Key words: cellulose fiber, bentonite, dye, UV radiation

Работа продолжает серию исследований, проводимых на кафедре ХТВМ ИГХТУ и посвященных применению природных и пилларных алюмосиликатов для придания текстильным материалам новых функциональных свойств. Известны результаты их использования для улучшения качественных характеристик шерстяного волокна. Поскольку шерсть имеет поверхностный чешуйчатый слой, по краям чешуек и на дефектах поверхности закрепляются мельчайшие частицы порошков алюмосиликатов [1,2]. При этом улучшаются свойства волокна, и в первую очередь, устойчивость к инсоляции: волокно длительное время сохраняет свою прочность и белизну. При этом было установлено, что из природных минералов лучшими протекторными свойствами обладает Бентонит, а из искусственно модифицированных – монтмориллонит, обогащенный оксидом титана по гидротермальной методике [3].

Целью работы было изучение возможности закрепления частиц алюмосиликатов на целлюлозосодержащих волокнах, а именно на отходах производства хлопчатобумажных или льняных текстильных материалов. В этом случае закрепление частиц алюмосиликатов на поверхности волокон происходит в микродефектах структуры, которых достаточно много в низкосортном сырье: привес волокна после обработки составляет 5,6 % для нативного бентонита (НБ) и 8,4 % для пилларированного монтмориллонита (ПМ). Большее содержание на текстильном материале модифицированных частиц объясняется их меньшим размером и более равномерным распределением заряда внутри кристаллической решетки [4]. Иммобилизация частиц алюмосиликатов на поверхности волокнистых материалов синергически повышает их сорбционную активность по отношению к органическим красителям. Применение натуральных волокон и природных минералов обеспечивает биоразлагаемость фильтрующих материалов и экологичность их утилизации. Присутствие в составе природных примесей бентонитовой глины оксида титана обуславливает возможность фотокаталитического разрушения сорбированного красителя до экологически безопасных соединений под действием инсоляции.

Чтобы более корректно оценить изменение сорбционной активности волокнистого материала после обработки алюмосиликатами отношению к красителям был проведен следующий эксперимент. Исходное и обработанное волокно окрашивали модельным красителем метиленовым синим в течение различных промежутков времени от 5 до 45 минут. После крашения образцы были тщательно промыты и высушены. Эффективность окрашивания оценивали по интенсивности окраски (K/S), рассчитанной на основании коэффициента отражения от окрашенного волокна (рисунок 1). Параллельно контролировали оптическую плотность раствора красителя (рисунок 2).

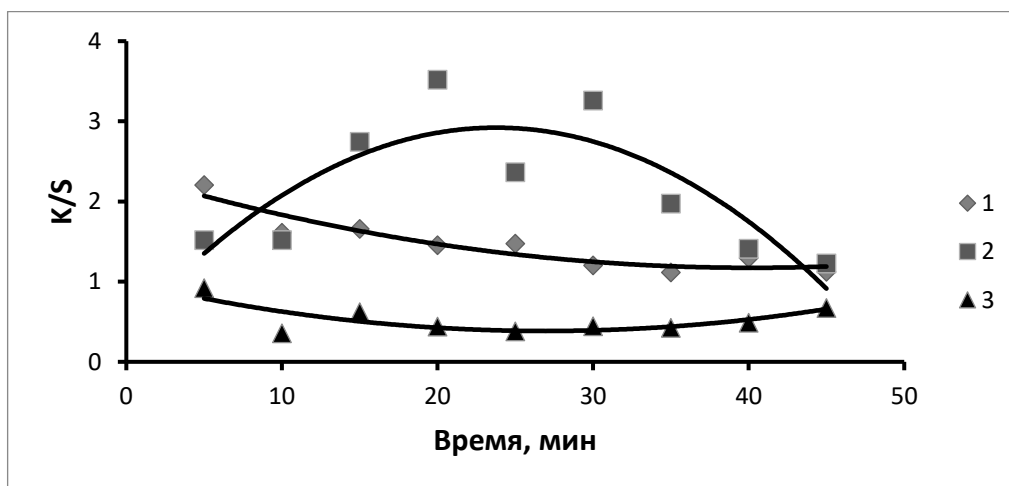


Рис. 1. Изменение интенсивности окраски хлопкового волокна: 1– исходного; 2– обработанного в дисперсии НБ; 3– обработанного в дисперсии ПМ

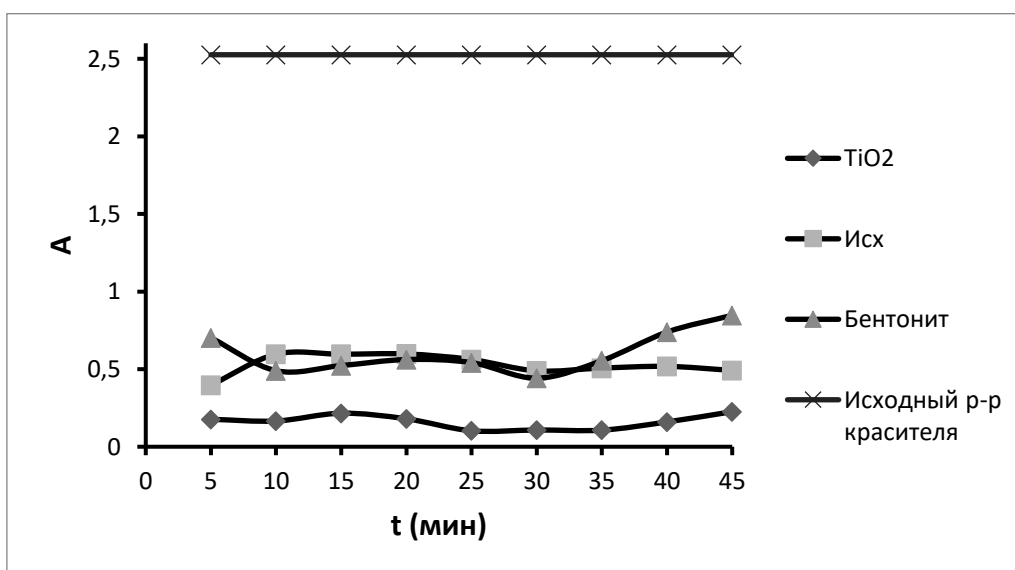


Рис. 2. Изменение оптической плотности раствора красителя.

Поскольку раствор красителя был взят в явном избытке, изменения его концентрации в процессе крашения волокна в красильной ванне практически незаметно. На волокне картина другая. Отмечено, что эффективная сорбция красителя исходным волокном и образцом с ПМ проходит в первые 5 мин. Дальнейшее пребывание текстильного материала в растворе вызывает понижение интенсивности окраски вследствие десорбции основного красителя, который плохо закрепляется на хлопчатобумажном волокне. Изменение интенсивности окраски волокна, с иммобилизованными частицами НБ носит экстремальный характер: после 20 мин эффективной сорбции происходит постепенное вымывание частиц алюмосиликата. Впоследствии уровень поглощения красителя волокном снижается из-за изменения заряда

целлюлозного материала, что мешает активной сорбции молекул красителя на его поверхности.

Таким образом, установили, что присутствие частиц пилларного и натурального бентонитов на хлопчатобумажном волокне по-разному влияют на его сорбционную активность по отношению к модельному красителю.

Проведенные исследования подтвердили, что модификация волокнистых материалов различной химической природы пилларными глинами, позволяет значительно повысить их сорбционную активность, что может быть использовано для производства недорогих технических материалов, которые могут быть использованы в различных отраслях промышленности.

Работа выполнена с использованием ресурсов Центра коллективного пользования научным оборудованием ИГХТУ (при поддержке Минобрнауки России, соглашение № 075-15-2021-671).

ЛИТЕРАТУРА

1. Владимирцева Е.Л., Шарнина Л.В, Желнова А.С. Влияние обработки в дисперсии алюмосиликатов на свойства шерстяного волокна // Сборник материалов Международного семинара «Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы», (Smartex-2011) Иваново. 11-12.05 2011 ИГТА. С. 66-69.
2. Владимирцева Е.Л., Шарнина Л.В, Блиничева И.Б., Желнова А.С. Исследование сорбции алюмосиликатов шерстяным волокном //Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2010. № 8. С.55-58
3. Butman, M. F. Photocatalytic and adsorption properties of TiO₂-pillared montmorillonite obtained by hydrothermally activated intercalation of titanium polyhydroxocomplexes / M. F. Butman, N. L. Ovchinnikov, N. S. Karasev, N. E. Kochkina, A. V. Agafonov, A. V. Vinogradov // Beilstein J. Nanotechnol. – 2018. – V.9. – P.364–378.
4. Овчинников Н.Л.; Владимирцева Е.Л.; Быков Ф.А.; Изюмова О.С.; Бутман М.Ф.Получение самоочищающихся композитов шерстяное волокно – TiO₂-пилларный монтмориллонит с УФ-протектными свойствами //Физикохимия поверхности и защита материалов 2023, Т. 59, № 3, стр. 298-304.

РАЗРАБОТКА КАПСУЛ НА ОСНОВЕ ПРИРОДНЫХ ПОЛИМЕРОВ ДЛЯ ОТДЕЛКИ ТКАНЕЙ

DEVELOPMENT OF CAPSULES BASED ON NATURAL POLYMERS FOR FABRIC FINISHING

Е.С. Власкина, К.А. Ерзунов, А.А. Липина, О.И. Одинцова

E.S. Vlaskina, K.A. Erzunov, A.A. Lipina, O.I. Odintsova

Ивановский государственный химико-технологический университет

Ivanovo State University of Chemistry and Technology

E-mail: ekaterina.shuya@mail.ru

Оценена возможность получения оболочки капсулы с использованием серицина. Для образования архитектуры оболочки капсулы были выбраны: хитозан, альгинат натрия, ксантановая камедь. С помощью метода динамического рассеивания света определены размеры синтезированных капсул на основе биосовместимых полиэлектролитов. Выполнена сравнительная оценка влияния полиэлектролитов, составляющих оболочку капсулы, на размеры частиц микрокапсул и ξ -потенциал системы.

Ключевые слова: серицин, микрокапсулы, хитозан, альгинат натрия, ксантановая камедь, размер частиц, ξ -потенциал системы.

The possibility of obtaining a capsule shell using sericin was assessed. To form the architecture of the capsule shell, the following were chosen: chitosan, sodium alginate, xanthan gum. Using the method of dynamic light scattering, the sizes of synthesized capsules based on biocompatible polyelectrolytes were determined. A comparative assessment of the influence of polyelectrolytes that make up the capsule shell on the particle sizes of microcapsules and the ξ -potential of the system was performed.

Keywords: sericin, microcapsules, chitosan, sodium alginate, xanthan gum, particle size, ξ -potential of the system

На сегодняшний день текстильные материалы занимают важное место в медицине. Их используют не только в качестве перевязочных, закрывающих места ран, тканей, но и в качестве лечебного материала, пропитанного лекарственными препаратами и биологически активными веществами, желателно, с пролонгированным лечебным действием.

Применение методов микрокапсулирования позволяет производить новые продукты со многими преимуществами по сравнению с традиционными текстильными изделиями. Микрокапсулы могут придать тканям важные новые качества, такие как повышенная стабильность и контролируемое высвобождение активных соединений.

Наиболее привлекательными примерами являются ткани со стойкими ароматами, футболки с микрокапсулами, поглощающими УФ-излучение, футболки с термозаменяемыми красителями, терморегулируемые, автомобильные сиденья, лыжные костюмы и перчатки. Несмотря на значительный успех в разработке новых продуктов, есть много возможностей для дальнейших исследований, особенно в целях улучшения механической прочности полученных микрокапсул, а также кинетики и механизма высвобождения активных соединений. Поэтому ведутся многочисленные исследования, направленные на разработку новых методов нанесения микрокапсул и их иммобилизации на текстильный материал. Представляется актуальным разработать методику получения микрокапсул на основе серицина шелка – необходимым компонентом для создания оболочки микрокапсулы, он является амфолитом, т.е. может быть заряжен как отрицательно, так и положительно, а это требуется для образования пар противоположно-заряженных полиэлектролитов, которые образуют архитектуру оболочки капсул. Шелк имеет белково-волокнистую природу и вырабатывается тузовыми шелкопрядами в виде кокона. Шелк состоит на 70-80% из кристаллического и нерастворимого в воде волокнистого белка, называемого фиброином, и на

20-30% из аморфной матрицы – водорастворимого глобулярного белка, называемого серицином [1, с. 1]. Серицин действует как клей, удерживая фиброиновые нити вместе. Серицин придает волокну скрипучесть, скрывает блеск и бледность шелка, используется в различных областях, таких как косметика, продукты питания, медицина, мембраны, биоматериалы и т. д. [2, с. 3].

Серицин содержит 18 аминокислот, наиболее важными из которых являются серин (32%), аспарагиновая кислота (18%) и глицин (16%). Этот белок также содержит 45,8% гидроксиаминокислот (серин и треонин), 42,3% полярных аминокислот и 12,2% неполярных аминокислот [3, с. 2; 4 с. 1]. Состав серицина: С—44,32-46,29%; Н—5,72-6,42%; N— 16,44-18,33%; О—30,35-32,5%; S— 0,15%. Химическая формула серицина $C_{16}H_{25}N_5O_8$.

Серицин полезен благодаря своим уникальным свойствам, которые включают: антиоксидантные, антибактериальные, УФ-защиту, поглощение и легкое выделение влаги, механические свойства, противовоспалительные и т. д. [5, с. 2].

Цель исследования заключалась в получении микрокапсул на основе серицина шелка для отделки тканей, позволяющих придать текстильным материалам ароматерапевтические свойства с помощью метода микрокапсулирования.

Оболочки микрокапсул, включающих в состав ядра эфирное масло пихты, были получены с помощью разных пар биосовместимых полиэлектролитов, а именно: серицин - хитозан, серицин - альгинат натрия, серицин - ксантановая камедь и эмульгаторов: карбоксипав и неонола АФ 9/10. А также биосовместимые полиэлектролиты: альгинат натрия, ксантановая камедь, хитозан, серицин.

Технология микрокапсулирования состояла из следующих этапов:

–смешивали эфирное масло пихты с карбоксипав, перемешивали в течение 5 минут на магнитной мешалке (600 об/мин);

–далее эмульгировали систему в присутствии неонола АФ-9/10, 5 минут на магнитной мешалке (600 об/мин);

–вводили один из оболочкоформирующих полиэлектролитов (альгинат натрия, хитозан, ксантановую камедь), перемешивали 5 минут на магнитной мешалке (600 об/мин);


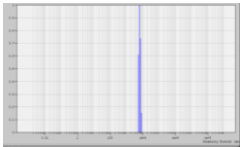
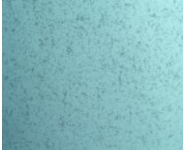
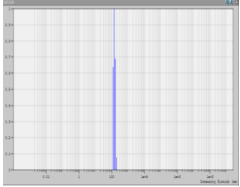
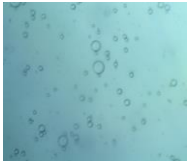
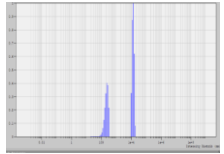
–следующим компонентом служил серицин, и затем перемешивали 5 минут на магнитной мешалке (600 об/мин).

Устойчивость получаемых систем контролировали, измеряя размеры частиц методом динамического рассеяния света и определяя ξ -потенциал на приборе Photocor Compact-Z. Определение размеров частиц позволяет выявить наличие сформированных полиэлектролитных микрокапсул, определить их размерный диапазон и процентное распределение в системе. Наименьший и однородный размер капсулы позволяет нанести как можно больше продукта и дольше сохранить его эффект, а также, под действием физического давления, микрокапсулы будут дольше «разрываться». Измерение ξ -потенциала необходимо для характеристики степени и характера взаимодействия между частицами (микрокапсулами) в эмульсии и способствует оценке устойчивости разрабатываемой системы во времени и склонности к агрегации полученных микрокапсул. Система является устойчивой, если значение потенциала не менее ± 30 мВ.

При формировании оболочки капсулы из производственного серицина исследуемых полиэлектролитов значения ξ -потенциала дисперсии близки к -30 мВ, т.е. состав агрегативно устойчив. Система, в которую входит альгинат натрия, является наиболее устойчивой (ξ -потенциал равен -51 мВ) и имеет оптимальный размер частиц (таблица 1).

Таблица 1


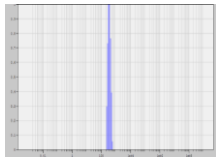

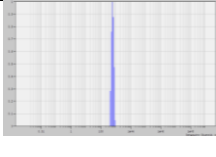

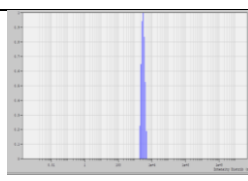
Влияние состава композиции на основе серицина компании НВИК на свойства синтезированных капсул

Состав эмульсии	Изображение капсул	Дзета-потенциал, мВ	Степень однородности, %	Размер частиц, нм	График соотношения однородности и размера полученных частиц
1	2	3	4	5	6
Произ. серицин, карбоксипав, неонол АФ 9/10, хитозан, вода		-32,00±0,42	100	6601	
Произ. серицин, карбоксипав, неонол АФ 9/10, альгинат натрия, вода		-50,64±0,89	100	142,2	
Произ. серицин, карбоксипав, неонол АФ 9/10, ксантановая камедь, вода		-31,51±0,31	37,9 62,1	219,9 1,3e+4	

По описанному технологическому режиму синтезированы микрокапсулы с оболочкой, сформированной серицином, выделенным в процессе варки коконов тутового шелкопряда в водно-солевом растворе (таблица 2).

Таблица 2

Влияние состава композиции, на основе выделенного серицина, на свойства синтезированных капсул

Состав раствора	Изображение капсул	Дзета-потенциал, мВ	Степень однородности, %	Размер частиц, нм	График соотношения однородности и размера полученных частиц
1	2	3	4	5	6
Получ. серицин, карбоксипав, неонол АФ 9/10, хитозан, вода		-17,41±0,29	100	345,5	
Получ. серицин, карбоксипав, неонол АФ 9/10, альгинат натрия, вода		-46,76±0,38	100	589,0	
Получ. серицин, карбоксипав, неонол АФ 9/10, ксантановая камедь, вода		-30,74±0,37	100	3006	

Сравнительная характеристика таблиц 1 и 2 показала, что при формировании капсул на основе пары полиэлектролитов серицин - альгинат натрия, полученная дисперсия является наиболее устойчивой, однако капсулы с включением в оболочку выделенного серицина имеют больший размер (589 нм). Минимальный размер капсул в этом случае составляет для системы на основе хитозана и выделенного серицина, в тоже время устойчивость дисперсии снижается (-17,14 мВ) (таблица 2).

Получены микрокапсулы, содержащие серицин. Определены размеры синтезированных капсул на основе систем биосовместимых полиэлектролитов: серицин-хитозан, серицин-альгинат натрия, серицин-ксантановая камедь.

Проведена сравнительная оценка влияния полиэлектролитов, составляющих оболочку капсулы, на размеры частиц микрокапсул и ζ -потенциал системы. Капсулы, содержащие в оболочке карбоксипав обладают небольшими и при этом однородными размерами. Значения дзетта – потенциала близки к -30 мВ (-32; -51; -31; -47 мВ), что характеризует высокую агрегативную устойчивость системы.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (номер проекта FZZW2023-0008).

ЛИТЕРАТУРА

1. Jia, L. Silk sericin-based materials for biomedical applications / L. Jia, L. Shi , Y. Denget al // *Biomaterials*. – 2022. –V. 287. – P.121638.
2. Murugesh Badu, K. Silk: processing, properties and applications / K. Murugesh Badu // *The Textile Institute Book Series*. – 2018. – P. 39-59.
3. Jin-Bo, F. Antioxidant activities of silk sericin from silkworm bombyxmori / F. Jin-Bo, W. Li-Ping, C. Li-Shui et al // *Journal of food biochemistry*. – 2009. – P. 74-88.
4. Nagura, M. Structures and physical properties of cross-linked sericin membranes / M. Nagura, R. Ohnishi, Y. Gito et al // *Journal of Insect Biotechnology and Sericology*. – 2001. – V 70. – P. 149-153.
5. Mondal, M. The silk proteins, sericin and fibroin in silkworm, Bombyxmori Linn / M. Mondal, K. Trivedy, K. S.Nirmal et al // *Caspian Journal of Environmental Sciences*. – 2007. – N. 5. – P. 63-76.

**АКТУАЛИЗАЦИЯ ТРАДИЦИЙ РУССКОЙ НАБОЙКИ
В ТЕКСТИЛЬНОМ АРТ-ОБЪЕКТЕ**

**UPDATING THE TRADITIONS OF RUSSIAN PRINTED MATERIAL
IN A TEXTILE ART OBJECT**

О.С. Володина, Т.Л. Щербакова
O.S. Volodina, T.L. Shcherbakova

Ивановский государственный политехнический университет
Ivanovo State Polytechnic University
E-mail: olgavolodina18@gmail.com, dvaoblaka@yandex.ru

В статье рассматривается актуализация русской набойки в современном текстильном арт-объекте. Анализируется воспроизведение техники ручной набойки и традиционных орнаментальных мотивов. Раскрывается тема создания текстильного арт-объекта, который включает ткани, полученные с помощью технологии ручной набойки.

Ключевые слова: актуализация русской набойки, традиции, техника ручной набойки, арт-объект, ручная набойка.

The article considers the actualization of the Russian print in a modern textile art object. The reproduction of the technique of manual stamping and traditional ornamental motifs is analyzed. The topic of creating a textile art object, which includes fabrics obtained with the help of manual printing technology, is revealed.

Keywords: updating of Russian printed cloth, traditions, hand-printed technique, art object, hand-printed cloth.

Иваново на протяжении нескольких столетий является центром производства текстиля, помимо этого Иваново – это центр, в котором формировались многовековые традиции текстильного рисунка. Сложившиеся традиции – школа текстильного рисунка даёт возможность прикоснуться к многовековому опыту не только в виде печатных источников, но и непосредственно к текстильным образцам, главным образом в экспозиции музея Ивановского ситца. Второй источник традиций – преемственность ивановского текстильного дизайна, художники старой школы и молодые дизайнеры, работавшие и работающие на текстильных предприятиях в разное время. Обращение к богатому наследию и традициям русского и ивановского текстильного рисунка обогащает диапазон возможных вариантов рисунка в создании современных дизайнов, является важным источником вдохновения для дизайнеров разных поколений. Однако на практике эта тема не является такой очевидной. Один из вопросов заключается в выборе конкретных традиций, относящихся к определенному временному пласту, которому современный дизайнер будет обращаться. Какие из элементов культурного наследия его заинтересуют? И тут он должен опираться не только на собственный вкус, но и особенно важно учесть, что созданный дизайн должен найти отклик у потребителей. Именно потребители определяют востребованность и успешность дизайнерского решения.

Еще одним актуальным вопросом является интерпретация традиций. В современных условиях простое копирование прошлых образцов уже не является актуальным. Любой самый интересный и качественный материал должен быть переработан в современном контексте с учетом моды и особенностей потребительского рынка. Поэтому перед дизайнером встает задача находить баланс между сохранением и передачей исторического наследия и созданием новых идей, внесением новых элементов. Одним из способов достижения этого баланса является использование традиционных мотивов и рисунков в новых контекстах. Например, дизайнер может экспериментировать с цветовыми схемами, масштабом рисунка, его стилистикой, чтобы придать традиционным элементам свежий и современный вид. Это позволяет сохранить связь с прошлым, но в то же время оставаться актуальным и интересным

для современной аудитории. Кроме того, важно учитывать модные тенденции. Например, сейчас наблюдается повышенный интерес к экологически чистым материалам и устойчивому производству. Поэтому дизайнеры могут использовать традиционные техники и материалы, которые приобретают такое большое значение, поскольку соответствуют этой концепции. Таким образом, обращение к теме наследия и традиций в дизайне требует тщательного исследования, творческого подхода и учета потребностей современных потребителей. Сохраняя связи с прошлым, но при этом применять современные и инновационные подходы, дизайнеры имеют возможность создавать уникальные и привлекательные решения, которые будут оценены широким кругом потребителей.

Значительную страницу в русском текстильном орнаменте занимает ручная набойка. Самый древний ее вариант - набойка масляной краской по льняному холсту. Такие ткани относят к XVII-XVIII векам. Эта технология использовалась и ивановскими набойщиками. Для тканей этого периода характерно использование самого древнего слоя орнаментации - геометрических элементов, сохранившихся в текстильном рисунке и в более поздних периодах, главным образом в орнаментике тканей для одежды. Традиционный рисунок сохранялся в комплексе архаичного крестьянского костюма, который оставался практически неизменным до начала XX века.

Основная концепция проекта заключается в создании текстильного арт-объекта на тему исторических ивановских традиций. Один из знаковых элементов этой темы - историческая застройка города последней трети XIX начала XX веков. Она включает образы двухэтажных особняков ивановских фабрикантов и торговцев, а также образы фабричной застройки. Эти элементы легли в основу композиции двух текстильных панно. Композиция первого использует мотивы жилой застройки Иванова XIX века, а композиция второго - мотивы фабричной архитектуры. Концепция композиции текстильных панно строится также на использовании образа текстильного рисунка, а именно самого древнего его вида геометрического орнамента, выполненного способом набойки, характерного для XVII-XVIII веков. Архитектурные элементы панно набирались из фрагментов тканей с геометрическим рисунком, выполненным по мотивам исторических образцов. Современная интерпретация традиционного рисунка открывает перед нами множество возможностей для творчества.

Задача актуализации традиционной орнаментации заключалась не только в обращении к мотивам и композиции орнамента определенного периода, но и в попытке воспроизвести технологию ручной набойки. Элементы архитектурных мотивов в композиции предполагалось выполнить из кусочков тканей, выполненных в технике ручной набойки, таким образом, концепция текстильного панно включала в себя не только исторические архитектурные мотивы, но и мотивы орнаментальных традиций.

На первом этапе выполнялись текстильные образцы набоек с геометрическим рисунком. Следуя традиции, в качестве основы использовалась льняная и хлопчатобумажная ткани. Рисунок наносился несколькими способами. Одним из них являлась набойка с помощью деревянных штампов, эта технология полностью соответствовала традиционной технике получения рисунка - ручной набойке [4]. Для получения оттиска применялась масляная краска, предварительно раскатанная по поверхности палитры и далее нанесенная на штамп. Использование аутентичной технологии помогло воссоздать некоторые характерные особенности текстильного рисунка, выпоенного в технике ручной набойки: в зависимости от силы нажима на штамп, оттиск имел различную интенсивность, обогащая, таким образом, поверхность тональными переливами. Небольшие дефекты при получении оттиска также воссоздавали образ кустарного текстильного рисунка (рис.1).

Помимо техники печати деревянными штампами использовался способ нанесения рисунка с помощью трафаретов. Этот способ помог выполнить мелкие по масштабу геометрические рисунки. Он также помог воссоздать фактуру традиционной ручной набойки с характерной тональной неравномерностью рисунка, эффектами непрокраса, фактуры холста.

На рис. 2 представлены образцы тканей, полученные с помощью описанных техник.



Рис. 1. Процесс создания рисунка с помощью штампа

Образцы набивных рисунков для панно не являются копией исторических образцов рисунков, традиционные мотивы и характер построения композиции послужили лишь основой для выполнения образцов. Использовались такие геометрические мотивы как ромбы, ромбовидная сетка, розетка, а также мотивы на основе растительных форм, называемые в русской традиции «травчатыми», к ним можно отнести листочки, мелкие цветочные формы. В качестве одного из мотивов использовался также более поздний, знаковый для ивановских тканей, элемент «боба» или «персидского огурца» [3].

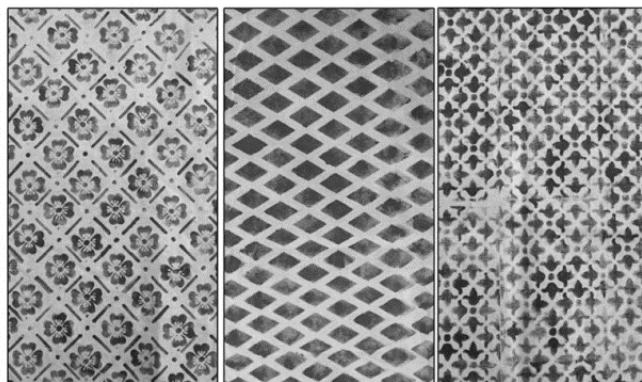


Рис. 2. Образцы тканей, полученных способом набойки и трафаретной печати

Цветовое решение образцов складывалось на основе колористических традиций русских и ивановских тканей и включало красный, синий, черный и белый цвета. Черно-белое решение образцов для панно обосновано колористическим решением самых древних рисунков, для набойки в которых применялась сажа, замешанная на олифе. Использование синего цвета обосновано большим распространением т. н. кубовых ситцев и платков, окрашенных в различные оттенки синего цвета, в сочетании с белым рисунком. Позже широкое распространение получают сарафанные ситцы синего цвета с мелкими красно-белыми розочками [1]. Значительная роль синего цвета в колористической традиции предопределила его использование в цветовом решении арт-объекта. Важным в ивановской и русской текстильной традиции является также красный цвет, полученный из корня марены. Так, например, большой популярностью среди, прежде всего, крестьянского населения, пользовались Барановские кумачовые платки [2,4]. Таким образом, колористическое решение арт-объекта и образцов рисунков для него выстраивалось на знаковых цветах русской и ивановской текстильной традиции.

Выбор техники текстильной аппликации в сочетании с вышивкой вызвал необходимость выбора композиции, построенной главным образом на пятновом решении. Техника текстильного коллажа дополнена ручной вышивкой и декорированием сутажом. Итогом работы стали два текстильных панно. Первое, построенное на сочетании различных цветов и рисунков ткани, отражает образ Иванова как города-мануфактуры, характерное лицо

которого формируют фабричные постройки. На основе мотивов фабричной архитектуры XIX века, была создана достаточно лаконичная композиция, построенная на силуэтах фабричных корпусов и труб (рис. 3). Композиция строится на использовании пятен с мелким ритмичным рисунком и контуров, полученных с помощью тамбурного шва белого цвета и красного сутажа. Композиция второго панно также построена на сочетании пятновых элементов с линейными, полученными с помощью вышивки в технике тамбурного шва.

Таким образом, выполненный проект может быть одним из примеров обращения к традиции, традиционному текстильному рисунку, где он помогает выстроить образ Иванова как текстильного центра, особое значение в котором отводится текстильному рисунку как знаковому культурному элементу.

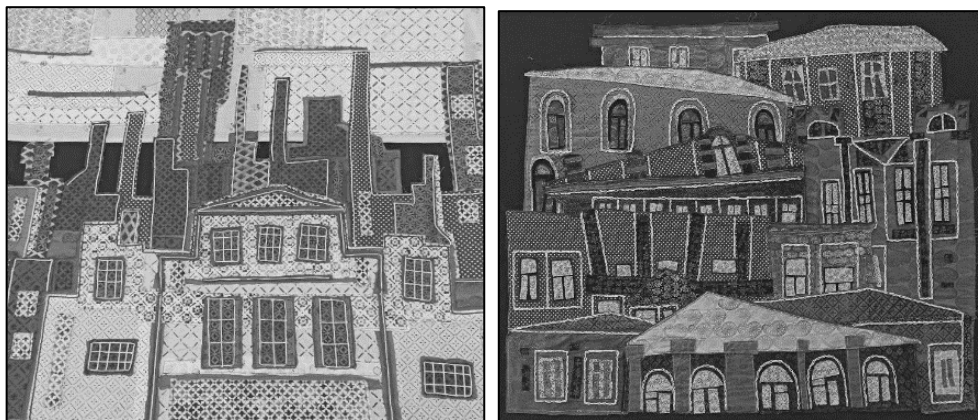


Рис. 3. Итоговые панно

ЛИТЕРАТУРА

1. Ивановские ситцы: Альбом / Авт.-сост. Е.В.Арсеньева. - Л.: Художник РСФСР, 1983.- 216 с.
2. Народная одежда Ивановской области: иллюстрированный альбом / Музей-Заповедник народного быта. - Иваново: Издательское Товарищество «Роща Академии».-160
3. От ручной набойки до машинной печати. Коллекция тканей Музея ивановского ситца. – URL: <http://textilemuseum.ru/ru/> (дата обращения: 05.04.2023).
4. Техника набойки – Ornamika. – URL: <https://ornamika.com/ru+/collection/3010/> (дата обращения: 04.04.2023).
5. Карапапас А. Н. Щербакова Т. Л. Интерпретация традиций русского костюма и набойки в современном костюме // Молодые ученые национальной технологической инициативы (ПОИСК) – Учредители: Ивановский государственный политехнический университет – Иваново. 2023, С. 671-673.
6. Левченко Д. Г. Актуальность исторического наследия ивановской школы текстильного дизайна/ Д. Г. Левченко, А. Г. Левченко О. В. Сурикова// тез. докл. XXIV международного научно-практического форума «Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX-2021)»: матер.форума, 12-14 октября 2021 года. – Иваново: ИВГПУ, 2021 С. 230-235.
7. Щербакова Т. Л. Динамика традиции и новации в формировании орнаментальной композиции ивановских тканей: дис. ... канд. культурологии– Иваново. 2022 – 157 с.
8. Голицкова А.А. Разработка и анализ свойств авторской коллекции одежды / А.А. Голицкова, Е.Н. Власова// тез. докл. XXV международного научно-практического форума «Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX-2022)»: матер.форума, 6-7 октября 2022 года. – Иваново: ИВГПУ, 2022 С. 115-118

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДООТТАЛКИВАЮЩЕГО ПОКРЫТИЯ С ЭФФЕКТОМ ИК-РЕМИССИИ

TECHNOLOGY FOR OBTAINING WATER-REPELLENT COATING WITH IR REMISSION EFFECT

Р.А. Гришин, А.Р. Зимнуров, О.В. Козлова
R.A. Grishin, A.R. Zimnurov, O.V. Kozlova

Ивановский государственный химико-технологический университет
Ivanovo State University of Chemical Technology
E-mail: ovk-56@mail.ru

Работа посвящена разработке технологии получения камуфлированных водоотталкивающих текстильных материалов. Показано, что при добавлении в пигментно-полимерную композицию фторорганического соединения, помимо эффекта ИК-ремиссии, достигается эффект водоотталкивания, что является большим преимуществом, т.к. на стадии заключительной отделки камуфлированных тканей все эффекты можно получить в один этап и на одной линии.

Ключевые слова: текстильные материалы, водоотталкивание, полимерно-клеевые композиции, минеральные наполнители, пигмент, ИК-ремиссия.

The work is devoted to the development of technology for producing camouflage water-repellent textile materials. It has been shown that when an organofluorine compound is added to a pigment-polymer composition, in addition to the IR-remission effect, a water-repellent effect occurs, which is a great advantage, because at the stage of final finishing of camouflage fabrics, all effects can be obtained in one stage and on one line.

Key words: textile materials, water repellency, polymer-adhesive compositions, mineral fillers, pigment, IR remission.

Создание ткани с камуфлирующей окраской, прямое назначение которой связано с маскирующими свойствами, как в видимой области, так и при наблюдении в приборах ночного видения [1], актуальна в настоящее время. Назначение такой ткани может быть расширено до различных сфер использования – охота, рыбалка, спортивные игры по пейнтболу, страйкболу, лазертагу и пр. При этом сама ткань, предназначенная для верхней одежды, как правило, должна быть масло-, водоотталкивающей.

Цель работы – разработка рецептуры полимерного покрытия для текстиля, обеспечивающего получение совокупности таких функциональных свойств, как водоотталкивание и ИК-ремиссия.

На первом этапе была проведена оценка эффективности использования препаратов различных компаний, предлагаемых в отделочное производство для водоотталкивающей отделки текстильных материалов, а именно зарубежных препаратов: HUCA (Archroma), RUCO-Guard AIR (Rudolf), SF Guard S8. Преимуществом применения этих препаратов по сравнению с препаратами предыдущего поколения, является отсутствие необходимости применения сшивающих компонентов.

Критериями качественной оценки тканей являлись показатели масло- и водоотталкивания, а также показатели углов раскрытия складки, косвенно отражающих изменения в упруго-эластических свойствах модифицированных материалов. Последние могут служить доказательством протекания химических процессов (сшивки, пленкообразования) в волокнистых полимерных материалах и образования пространственно-сшитых структур в полимерной матрице.

В состав полимерной композиции входит отечественный акриловый полимер, препарат на основе фторкарбоновых кислот и сшивающий компонент. Регламенты применения выбранных препаратов, включающие концентрацию и параметры термообработки,

отработаны авторами в течение многочисленных исследований [2-4] и по рекомендациям производителей зарубежных препаратов. Технология заключалась в модификации текстильного материала полимерной загущенной композицией путем ракельного нанесения, после чего следовала подсушка и фиксация горячим воздухом при 150-160 0С в течение 2-3 мин.

Результаты водоотталкивающего эффекта оценивали визуально по времени удержания капли воды на поверхности обработанного материала (рис.1), маслоотталкивания – путем использования специальных испытательных жидкостей с различным поверхностным натяжением в соответствии с GOST Soil-Release AATCC-Test 130-1969.

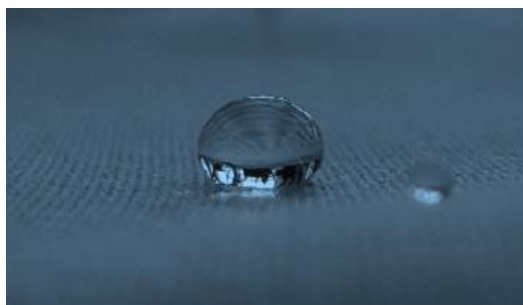


Рис. 1. Капля воды на поверхности текстильного материала

Полученные данные, представленные на диаграмме (рис.2), показывают, что некоторые композиции (1, 2 и 6) на основе акрилатов и сшивателей уже имеют хорошие показатели маслоотталкивания – на уровне 5 баллов, но при этом достигаемый эффект недолговечен. Композиции 3 и 5 не показали положительных результатов. Композиции 4 и 7 на основе фторкарбоновых кислот с добавками акрилатов показали положительные результаты отделки: при высоких показателях маслоотталкивания (5 и 6 баллов) достигаются высокие углы раскрытия складки.

Препараты NUVA и SF-guard C8 проявляют лучшие результаты маслоотталкивания при концентрациях 60-100 г/л. Однако при добавлении в композицию таких препаратов отечественного производства, как Рузин-14и и Отексид Д2 маслоотталкивающие свойства высокие уже при 40 г/л. То есть при замене в композициях части дорогих зарубежных препаратов на отечественные акриловые добавки, появляется возможность удешевления всей технологии в целом.

Прочность получаемых эффектов к стиркам хорошая, что связано, с высокими значениями суммарных углов раскрытия складки, а, следовательно, с образованием сшивок в полимерах и упрочнением пространственно-сшитых структур.

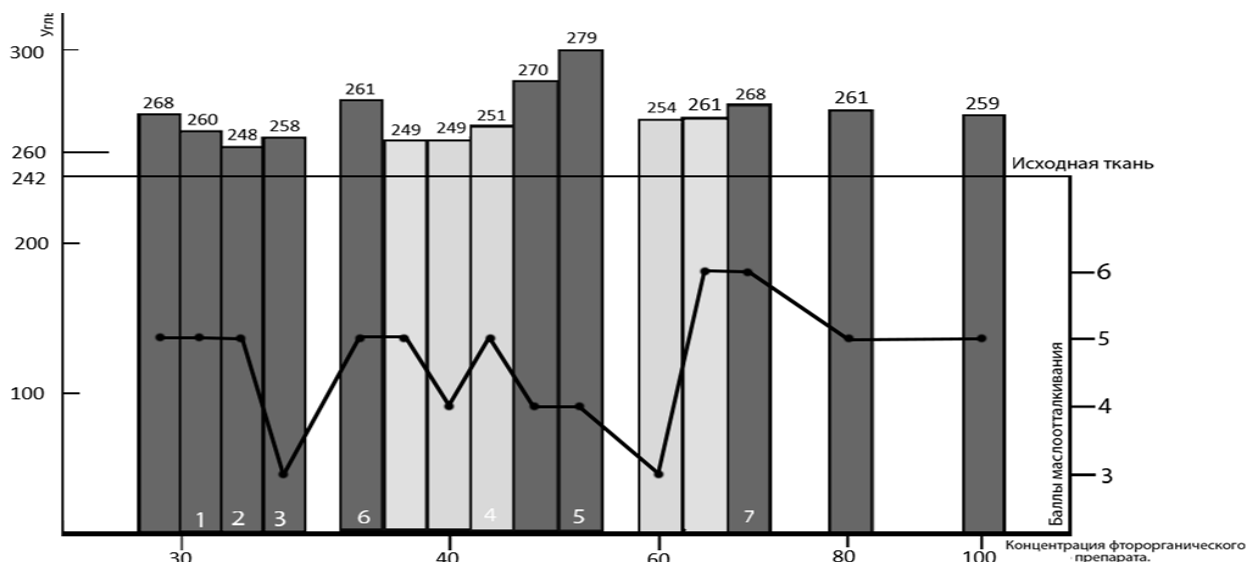


Рис. 2. Показатели суммарного угла раскрытия складки и маслоотгаливания для полиэфирной ткани при использовании различных отделочных композиций: 1-3,6 – на основе акриловых полимеров с добавкой сшивателей; 4,5,7 – на основе акриловых полимеров с добавками фторкарбонных кислот

Наиболее актуальным является отделка полиэфирсодержащих тканей, поскольку этот ассортимент наиболее востребован для пошива одежды для специальных категорий работников – нефтяников, спасателей и др. Тогда как хлопчатобумажные ткани реже используются с такими отделками, поскольку обладают недолговечностью и малой устойчивостью к условиям эксплуатации и стиркам.

Для получения эффекта ИК-ремиссии, в модифицирующую полимерную композицию дополнительно вводили в специально выверенных концентрациях ахроматическую добавку минерального происхождения.

Результаты полученного эффекта оценены с помощью спектральных характеристик покрытия в сравнении с исходной колорированной под «камуфляж» ткани, снятые в рабочем диапазоне 250-1100 нм, с помощью спектрофотометра со специальной насадкой – интегрирующей сферой (фирма PerkinElmer Ltd, Великобритания). На рис.3 на примере одного из пятен цветом хаки представлены характеристические кривые отражения исходной окраски (верхняя кривая) и после покрытия полимерной композицией с добавкой 0,25 г/кг минерального компонента (нижняя кривая).

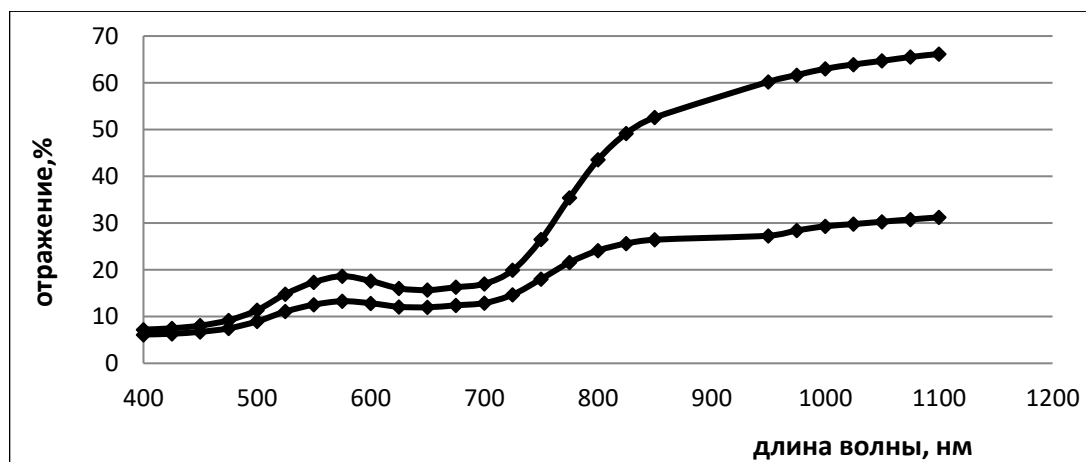


Рис. 3. Спектральные характеристики окрасок пигментом хаки: верхняя кривая – исходный цвет; нижняя – с поверхностной модификацией полимерной композицией

Анализ спектральных кривых показал, что отражение в ИК-области снизилось с 65% до 30%, а значит, текстильный материал после модификации получил маскировочный эффект в ночное время суток. Проведены исследования по модификации напечатанных под камуфляж образцов различной гаммы оттенков (серо-голубой, хаки, желто-коричневой и др.) на полиэфирных тканях и построены цветовые охваты в колористической системе СМΥΚ [4].

Полученные результаты актуальны и имеют прикладное значение при производстве текстильных материалов с комплексом функциональных свойств: маскирующих и водо-, маслоотталкивающих.

Работа выполнена в рамках Государственного задания на выполнение НИР, тема № FZZW-2023-0008 с использованием ресурсов Центра коллективного пользования научным оборудованием ИГХТУ (при поддержке Минобрнауки России, соглашение № 075-15-2021-671)

ЛИТЕРАТУРА

1. Razouvaev A. Russia. CIS. Baltics. Textile Industry. Sulphur Dyes. Sulphur Dyes Bulletin Marketing No.5, Clariant Productos SA., 1998, 109-113.
2. Зимнуров А.Р., Козлова О.В., Одинцова О.И. Современное состояние и перспективы развития технологии получения текстиля с ИК-ремиссией // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности. 2020. Т. 50. № 4. С. 40-44.
3. Санжеева Е.Б., Одинцова О.И., Козлова О.В. Современные достижения в области применения водных дисперсий акриловых полимеров в производстве текстиля // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2022. № 1 (397). С.197-200.
4. Гришин Р.А., Зимнуров А.Р., Санжеева Е.Б., Козлова О.В., Одинцова О.И. Полимерное покрытие для придания текстильным рисункам эффекта ИК-ремиссии // Российский химический журнал. 2022. №. 2. Том LXVI. С. 28-32

НОВЫЙ АССОРТИМЕНТ ШВЕЙНЫХ ИЗДЕЛИЙ ДЛЯ ПОСТТРАВМАТИЧЕСКОЙ И ПСИХОЛОГИЧЕСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ ПАЦИЕНТОВ С ТРАВМАМИ КОНЕЧНОСТЕЙ

NEW RANGE OF SEWING PRODUCTS FOR POST-TRAUMATIC AND PSYCHOLOGICAL REHABILITATION OF PATIENTS WITH LIMB INJURIES

И.Д. Гусев, Е.Г. Андреева, М.А. Гусева
I.D. Gusev, E.G. Andreeva, M.A. Guseva

Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина
(Технологии. Дизайн. Искусство), (Москва)
The Kosygin State University of Russia (Moscow)
E-mail: gusev_ivan97@mail.ru

Ежегодно с травмами сталкивается каждый десятый житель планеты. Реабилитация, как неотъемлемая часть программ лечения травм, включает мероприятия медицинского и психологического характера, направленные на коррекцию приобретенных нарушений. Одним из коррекционных средств являются швейные изделия, эксплуатация которых способствует заживлению поврежденных органов. В статье представлены результаты анализа перспектив проектирования новой реабилитационной швейной продукции для травмированных конечностей человека.

Ключевые слова: реабилитационные швейные изделия, цифровые двойники, 3D эскизирование, текстура материала виртуального аналога.

Every year, every tenth person on the planet experiences injuries. Rehabilitation, as an integral part of trauma treatment programs, includes medical and psychological measures aimed at correcting acquired disorders. One of the corrective means is sewing products, the use of which promotes the healing of damaged organs. The article presents the results of an analysis of the prospects for designing new rehabilitation sewing products for injured human limbs.

Key words: rehabilitation garments, digital twins, 3D sketching, texture of virtual analogue material.

Согласно статистике ВОЗ, свыше 1,71 миллиарда человек в мире страдают от болезней костно-мышечной системы, в число которых входят и травмы конечностей. Кроме того, более 150 нарушений здоровья, вызванных различными заболеваниями, становятся причиной временных или пожизненных поражений опорно-двигательного аппарата человека [1], приводящих болевым ощущениям, снижению моторики, ограничениям в передвижении и трудовой деятельности [2]. Нарушения и болезни костно-мышечной системы являются главным фактором, обуславливающим глобальную потребность в реабилитационных услугах [1] и мероприятиях, направленных на улучшение качества жизни и сохранение работоспособности граждан [3].

Анализ медицинских программ лечения травм опорно-двигательного аппарата человека [4] показал, что иммобилизацию конечностей выполняют при переломах костей, вывихах в суставах, растяжениях и разрывах сухожилий, связок и мышц. При тяжелых травмах, для обездвиживания поврежденного участка тела, применяют гипсовые повязки [5] и аппараты чрескостной фиксации [6]. Наложение гипсовых фиксаторов до настоящего времени является основным приемом в лечении неосложненных переломов. Гипс также востребован для «первичной иммобилизации раненых» в военно-полевой хирургии [7].

Анализ публикаций по проблеме развития ситуативной и личностной тревожности, развивающейся у пациентов с травмами опорно-двигательного аппарата, показал, что травмирование, как ухудшение состояния здоровья, непосредственно влияет на психическое благополучие человека, которое, в свою очередь, потенциально удлиняет лечение и снижает эффективность реабилитации. Согласно проведенным ранее исследованиям [8], до 70% пациентов с переломами конечностей, как взрослых, так и детей, находятся в состоянии

высокой ситуативной тревожности, обусловленной «ограничением функциональных возможностей, ассоциированных с травмой и иммобилизацией», демонстрируют апатию и не заинтересованы в наращивании физической активности [9]. Таким образом, психологическое состояние человека с переломами конечностей характеризуется медиками как острый стресс, требующий коррекции.

Одним из приемов организации психологической мотивации на повышение адекватности восприятия переживаемой жизненной ситуации является улучшение внешнего облика. Оформление человеком своей внешности рассматривается психологами как «движущая сила саморазвития», отражение образа жизни и транскомуникации, т.е. как «расширение собственного пространства жизни» [9]. Следовательно, формирование облика – это своеобразное кодирование каких-то знаковых параметров (переживаний, страха и т.п.), индивидуального мировоззрения и отношения к определенным жизненным ситуациям [10].

Объектом исследования выбраны новые швейные изделия – реабилитационные швейные чехлы для травмированных конечностей (рук и ног), корректирующие внешний облик потребителей в период восстановительного лечения.

Длительность периода эксплуатации гипсовых повязок сказывается на виде оболочек гипсовых фиксаторов (рис. 1). В качестве субъекта исследования выбран потребитель (офисный служащий), не прекращавший трудовую деятельность после травмирования. Фотографирование руки в гипсе проведено на второй день эксплуатации повязки (рис. 1а), через две (рис. 1б) и три недели (рис. 1в) после гипсования. Ежедневные соприкосновения гипсовой повязки с поверхностью офисного стола, клавиатурой компьютера и одеждой вызвали загрязнение и разволокнение краев ватно-марлевой оболочки фиксатора. В конце восстановительного периода лечения, свой внешний облик исследуемый субъект оценивал как неудовлетворительный, связывая недовольство с состоянием гипса на руке. При этом, необходимость приобретения нового изделия – реабилитационного чехла, маскирующего неудовлетворительный вид оболочки фиксатора, оценена респондентом как желательное действие.

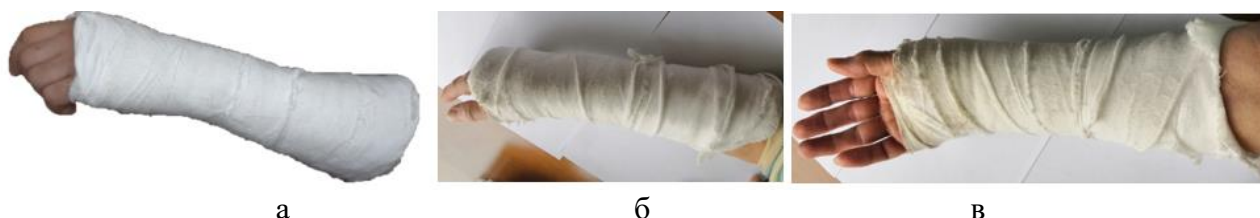


Рис. 1. Иллюстрация динамики загрязнения гипсовой повязки: а – второй день эксплуатации повязки, б – вид на 15 день; в – вид на 24 день

Известно, что в процесс оформления внешности наиболее активно вовлечены: молодежь, женщины, медиа-личности, артисты и др. Анализ фото- и видеоматериалов, представленных в открытых источниках, показал наличие у многих потребителей с травмами конечностей потребности позитивного оформления внешности. Установлено, что реализация исследуемого вида транскомуникации может быть осуществлена с помощью креативной росписи гипсовых фиксаторов и объемного декорирования аксессуарами (рис. 2). Твердость повязке придает дигидрат сульфата кальция ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), который первоначально, при смешивании с водой, размягчают до однородной массы, далее наносят толстым слоем на ватно-марлевую оболочку, а после затвердения, гипс становится пригоден для нанесения декоративного покрытия любыми красками, гуашью, акварелью, акрилом. Однако, такой способ реализации посттравматической релаксации востребован ограниченным кругом потребителей.



Рис.2. Коллаж примеров декоративной росписи по гипсовым повязкам (фото из открытых источников)

Для выявления востребованности разрабатываемого ассортимента швейной реабилитационной продукции в травмпунктах г. Москвы проведен мониторинг целевой аудитории. Определено, что большинство граждан с установленными на конечности гипсовыми повязками, предпочли бы использовать съемные швейные чехлы для маскировки неприглядности загрязненной гипсовой повязки. Для анализа предпочтений в композиционном решении изделий разработан модельный ряд реабилитационных чехлов (рис. 3). Трехмерная форма виртуальных аналогов и текстура поверхности материалов генерированы в САПР CLO3D. Респондентам предложены несколько визуалов проектируемых изделий: в монохромном цветовом решении, технике печворк, стиле «милитари» и др.



Рис. 3. Варианты колористического решения чехлов для травмированных конечностей: а – для рук; б – для ног

Мониторингом целевой аудитории определено, что реабилитационные чехлы на травмированные конечности [11, 12] с установленными гипсовыми повязками – это потенциально востребованные швейные изделия нового ассортимента. Анализ рынка реабилитационных товаров показал отсутствие аналогов проектируемых изделий.

Несмотря на то, что реабилитационная швейная продукция не является ежедневно используемой для большинства потребителей, а востребована в конкретной жизненной ситуации, проектирование и изготовление подобных изделий целесообразно и экономически оправдано. Коррекция с помощью чехлов внешнего облика людей с травмами конечностей направлена на восстановление здоровья представителей целевой аудитории, стимулирует скорейший возврат к полноценной жизни, что, непосредственно сказывается на экономическом благополучии конкретного индивида и общества в целом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Реабилитация-2030: призыв к действиям. Всемирная Организация Здравоохранения. / [Электронный ресурс] URL: <https://www.who.int/ru/news-room> (дата обращения 03.09.2023)
2. Гусев И.Д., Андреева Е.Г., Яковлева Л.Е., Гусева М.А. Адаптационный потенциал швейной продукции для маломобильных потребителей с ограниченными возможностями здоровья // Дизайн и технологии. 2022. № 91-92 (133-134). С. 221-233.
3. Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации: Федеральный закон от 21 ноября 2011 г. № 323-ФЗ // Собрание законодательства. – 2011. – №48. – ст. 6724.
4. Дейкало В.П. Травмы опорно-двигательного аппарата: клиника, диагностика, лечение. – Витебск: ВГМУ, 2010. – 165 с.
5. Бом Г.С. Гипсовая повязка в ортопедии и травматологии. – МЕДГИЗ, 1942. – 178 с.
6. Тюляев Н.В., Воронцова Т.Н., Соломин Л.Н., Скоморошко П.В. История развития и современное состояние проблемы лечения травм конечностей методом чрескостного остеосинтеза (обзор литературы) // Травматология и ортопедия России. – 2011. – № 2(60). – с. 179-190.
7. Министерство обороны РФ. Указания по военно-полевой хирургии. – М. Главное военно-медицинское управление. 2000. – 198 с.
8. Барыльник Ю.Б., Орнатская Н.А., Шоломова Е.И., Арутюнян Т.Р. Тревожность у пациентов с переломами конечностей // Саратовский научно-медицинский журнал. – 2011. – Том 7, № 2. – с. 450-453.
9. Баковский В.Б., Головкин С.И. Оценка качества жизни детей после лечения переломов при сочетанной множественной травме // Политравма. – 2012. – №3 – с. 11-16.
10. Бондаренко И.В. Личностная обусловленность оформления внешности // Вестник Томского государственного университета. – 2010. – № 332. – с. 155-157.
11. Гусев И.Д., Андреева Е.Г., Гусева М.А., Ключкова О.В., Белгородский В.С. Чехол для руки / заявка на промышленный образец № ПО 2023502674 от 02.06.2023.
12. Гусев И.Д., Андреева Е.Г., Гусева М.А., Ключкова О.В., Белгородский В.С. Чехол для ноги // заявка на промышленный образец № ПО 2023502672 от 02.06.2023.

АНАЛИЗ СВЕТОВОЗВРАЩАЮЩИХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

ANALYSIS OF REFLECTIVE TEXTILE MATERIALS

М.М. Данилова¹, О.В. Радченко¹, О.В. Козлова²
M.M. Danilova¹, O.V. Radchenko¹, O.V. Kozlova²

¹Ивановский государственный политехнический университет

²Ивановский государственный химико-технологический университет

¹Ivanovo State Polytechnic University

²Ivanovo State Chemical-Technological University

E-mail: lenalinen@yandex.ru

Рассмотрены вопросы придания повышенной видимости в темное время суток бытовой и рабочей одежде с использованием световозвращающих материалов. Представлены требования основных стандартов и характеристики представленных на рынке материалов.

Ключевые слова: световозвращение, сигнальная одежда, текстильный материал.

The issues of giving increased visibility in the dark to household and work clothing using reflective materials are considered. The requirements of basic standards and characteristics of materials on the market are presented.

Keywords: retroreflection, signal clothing, textile material.

В последнее время возросла актуальность функциональных текстильных материалов с сигнальными и световозвращающими свойствами. Сочетание безопасности с художественной привлекательностью сделали их весьма распространенными.

В странах ЕС уже более 10 лет действует стандарт на сигнальную одежду повышенной видимости EN 471. В развитие данного стандарта разработана методика оценки рисков, позволяющая к каждому конкретному рабочему месту приписать сигнальную одежду определенного класса. Такой подход позволил снизить количество несчастных случаев с участием транспорта на 22%. Россия проводит серьезную работу по внедрению сигнальной одежды на предприятиях и в организациях Российской Федерации. Работники многих специальностей (ГИБДД, МЧС, «Скорая помощь» дорожно-строительные службы) должны быть визуально заметными как в дневное, так и в ночное время суток. С расширением применения сверхтехнологичных функциональных тканей стало доступным использование световозвращающих материалов (СВМ) не только госструктурами и частными фирмами, выполняющими работы, связанные с транспортом, но и другими потребителями, которым необходимо быть видимыми в темное время суток. Кроме того, новые правила дорожного движения в России, вступившие в силу с 2015 года, предписывают пешеходам, находящимся на проезжей части или по обочинам дорог, в темное время суток правильно обозначить себя световозвращающими элементами безопасности.

Световозвращающие материалы (СВМ) – ткань серебристо-серая, представляет собой совокупность стеклянных микролинз с высокой световозвращающей способностью, внедрённых в специальный клеевой слой, нанесенный на тканевую основу. [1]

Действие стеклянных микролинз состоит в следующем: в соответствии с правилами геометрической оптики свет фар автомобиля, падающий на идеальный шарик, частично погружённый в разметочный материал и исполняющий роль линзы, преломляется. После преломления луч света падает на противоположную стенку шарика, покрытую разметочным

материалом. Зеркально отражаясь от внутренней поверхности этой стенки, луч света падает на противоположную стенку, где после преломления возвращается к автомобилю и попадает в глаза водителю, как показано на схеме рис. 1.

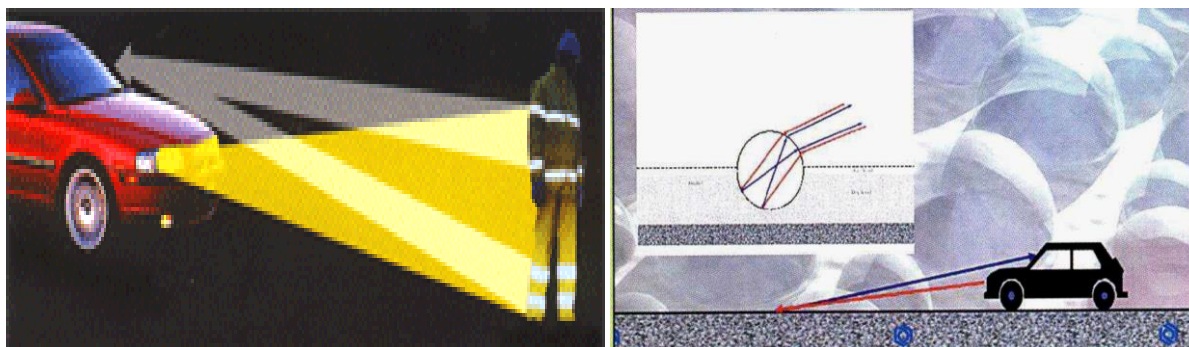


Рис.1. Преломляющая разметка

Таким образом, СВМ концентрируют лучи света фар, падающие на поверхность разметки, которая в данном случае играет роль зеркала, возвращающего свет фар в глаза водителю. Поэтому такое действие СВМ называют световозвращением, а параметр его оценки – коэффициентом световозвращения. Его размерность – мкд/люкс.м² – определяет соотношение плотности падающего и возвращенного света. [2]

Основа для СВМ – ткани из нейлона, полиэстера, смеси хлопка и полиэстера, кожзаменителя и т.д. Стандартный набор цветов: серебристо-серый, лимонный, красный, синий, белый, и черный. СВМ должны быть устойчивы к воздействию бензина, масел и ультрафиолетового излучения, выдерживают до 60 стирок при температуре 60 °С и глажку через полотно при 160°С.

Согласно ГОСТ 12.4.281-2014 «Система стандартов безопасности труда. Одежда специальная повышенной видимости. Технические требования» к текстильному материалу со световозвращающим эффектом предъявляется ряд специфических требований:

- качественный световозвращающий материал может создаваться только на тканевой основе, быть гибким и мягким на ощупь (внешний вид), поверхность такой ткани должна быть ровной и однородной без трещин, царапин;

- в качестве световозвращающих элементов должны использоваться стеклянные микрошарики с высоким коэффициентом преломления;

- равномерность заполнения световозвращающими элементами поверхности текстильного материала должна сохраняться в процессе эксплуатации изделия;

- при визуальном определении яркости материала с помощью фонарика Verifier не должно быть неровностей и пробелов на серебристой поверхности. [3]

На данный момент сформированы теоретические основы использования уникальных свойств пленкообразующих полимеров акриловой и уретановой природы прочно фиксироваться на поверхности текстильных материалов и создавать оптимальные условия для закрепления на поверхности материалов функциональных добавок, в том числе пигментов, минеральных наполнителей и др. Выявлены особенности процесса пленкообразования в присутствии новых потенциально реактивных полимеров. [4]

Для получения качественного световозвращения необходимо обеспечить оптимальное количество шариков на единицу площади. Доказано, что, если расход больше оптимального, микрошарики уменьшают световозвращение, поглощая световой поток за счёт взаимного экранирования. [5]

Большое влияние на величину световозвращения оказывает глубина погружения стеклошариков в полимерный слой. При этом для получения максимального эффекта световозвращения важно, чтобы полимер частично покрывал поверхность шарика. При недостаточном погружении микрошарика в полимер световозвращение значительно уменьшается, причиной чего является уменьшение поверхности для зеркального отражения света. При слишком глубоком погружении шарика в полимер эффект световозвращения снижается в результате уменьшения поверхности для попадания лучей в шарик и их выхода из шарика. Такое явление может наблюдаться при большой толщине полимерного слоя, в котором стеклошарики тонут. По этой же причине уменьшается световозвращение от СВ материалов во время дождя, когда они скрываются под пленкой воды. Показано, что в идеальном случае шарики должны быть погружены в полимер примерно на 60%. При этом величина световозвращения максимальна, так как максимальной является площадь поверхности микрошарика для вхождения света и для его зеркального отражения [6].

ЛИТЕРАТУРА

1. Покровская Е.П., Метелева О.В., Козлова О.В. Обеспечение повышенной видимости детской одежды / Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2013. – № 2 (344) – С. 115-118.
2. ГОСТ 12.4.026-2015 Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная
3. ГОСТ 12.4.281-2014 «Система стандартов безопасности труда. Одежда специальная повышенной видимости. Технические требования»
4. Козлова О.В., Зимнуров А.Р., Карцева Ю.Е. Разработка отечественных композиций для пигментной печати по текстилю / Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX). 2020. № 1. С. 188-191.
5. Богачев С. Распределение разметочных машин и маркировщиков, зарегистрированных в Мосгостехнадзоре по состоянию на 01.04.2003 г. // Строит. техника и технология. – 2003 – № 3 – С. 98
6. Смолинский, Е. С. Влияние количества слоев ткани на их отражающие свойства в инфракрасной области спектра / Е. С. Смолинский, Н. С. Полищук, Н. В. Калугин // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 1982 – № 2 – С. 6-8.

**СТРУКТУРА ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ ДИОКСИДА ТИТАНА,
СФОРМИРОВАННОГО НА ТКАНИ МЕТОДОМ МАГНЕТРОННОГО НАПЫЛЕНИЯ**

**STRUCTURE OF COATING BASED ON TITANIUM DIOXIDE, FORMED ON FABRIC
BY MAGNETRON SPRAYING METHOD**

С.П. Дробот^{1,2}, Б.Л. Горберг³, Т.Ю. Кумеева¹, Н.П. Пророкова^{1,2}
S.P. Drobot^{1,2}, B.L. Gorberg³, T.Yu. Kumeeva¹, N.P. Prorokova^{1,2}

¹Институт химии растворов имени Г.А. Крестова Российской академии наук (г. Иваново)

²Ивановский государственный политехнический университет

³Ивановский государственный химико-технологический университет

¹G.A. Krestov Institute of Solution Chemistry of the Russian Academy of Sciences (Ivanovo)

²Ivanovo State Polytechnic University

³Ivanovo State University of Chemistry and Technology

E-mail: npp@isc-ras.ru

Методами сканирующей электронной микроскопии с энергодисперсионным анализом и атомно-силовой микроскопии исследована морфология покрытия на основе диоксида титана, сформированного на тканях методом магнетронного напыления.

Ключевые слова: покрытие, диоксид титана, магнетронное напыление

Using scanning electron microscopy with energy dispersive analysis and atomic force microscopy, the morphology of a coating based on titanium dioxide formed on tissues by magnetron sputtering was studied.

Key words: coating, titanium dioxide, magnetron sputtering

Формирование на поверхности тканей устойчивых функциональных покрытий является одним из действенных путей придания волокнистым материалам новых и улучшенных свойств [1]. Особое внимание исследователи уделяют покрытиям, образованным оксидами металлов, в частности, диоксиду титана. Так в работах [2-6], проведенных в ИХР РАН, было предложено наносить на ПЭФ волокнистый материал очень малое количество наночастиц TiO₂. В результате на поверхности волокон формируется ультратонкое покрытие на их основе. Было установлено, что для повышения фотохимической активности модифицированной ПЭФ ткани целесообразно использовать наночастицы TiO₂, допированные металлами. Применение в качестве модификатора наночастиц TiO₂, допированных Ag, позволило достичь значительного повышения скорости фотодеструкции красителя, адсорбированного тканью. Следствием плотной, упорядоченной структуры покрытия на основе наночастиц TiO₂, допированных серебром, явилась его хорошая устойчивость к действию стирки и очень высокая – к воздействию трения. Использование указанных наночастиц позволило также придать модифицированной ПЭФ ткани способность подавлять на свету жизнедеятельность грам-отрицательных бактерий. УФ-облучение ПЭФ ткани, модифицированной TiO₂, не вызывает снижения разрывной нагрузки и разрывного удлинения ПЭФ ткани.

Указанные результаты были получены при использовании метода осаждения на полиэфирную ткань разбавленных золь TiO₂. Значительный интерес для формирования покрытий представляет также метод реактивного магнетронного напыления [7], который использован и в настоящей работе. Целью работы являлось изучение структуры покрытия на основе диоксида титана, сформированного методом магнетронного напыления.

Установлено, что использование метода реактивного магнетронного напыления обеспечивает формирование на поверхности ПЭФ ультратонкого равномерного покрытия.

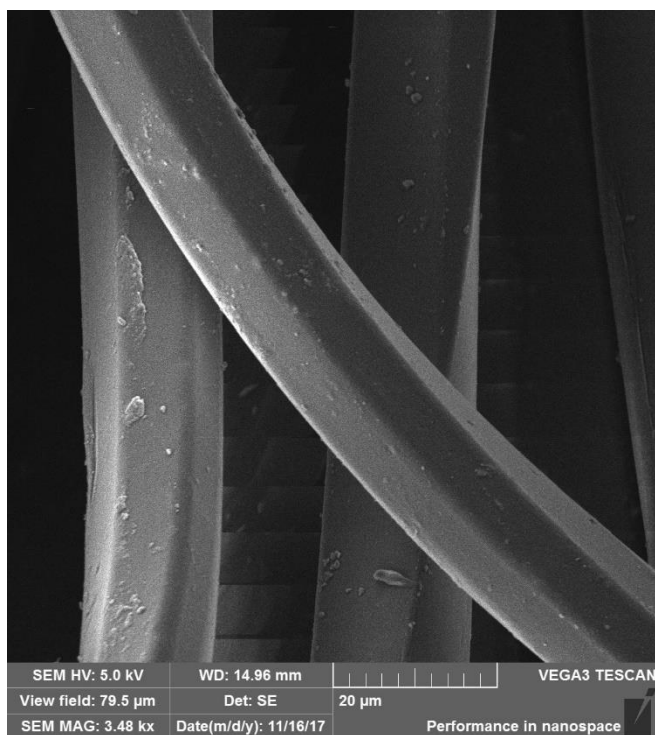


Рис.1. Изображение нитей, образующих ПЭФ ткань с покрытием, нанесенным магнетронным напылением покрытием

О шероховатости нанесенных на ткань покрытий судили по данным атомно-силовой микроскопии, приведенным на рисунке 2.

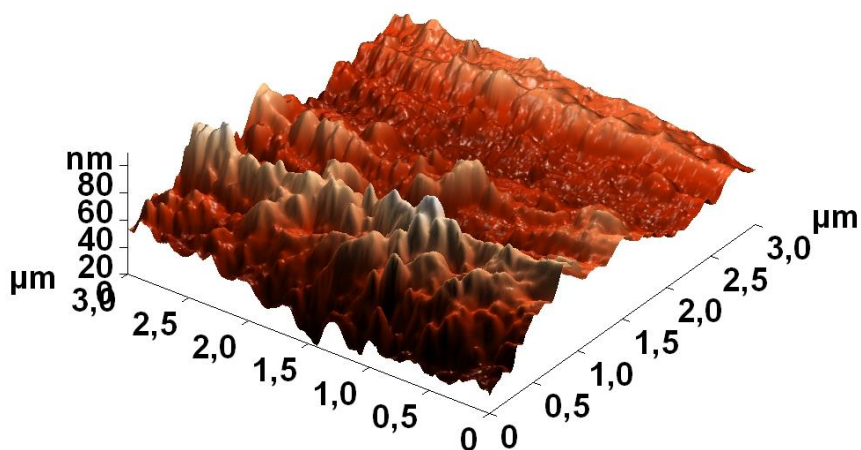


Рис. 2. Морфология покрытия на основе диоксида титана, сформированного на ПЭФ ткани магнетронным напылением

Из рис. 2 следует, что покрытия характеризуются довольно высокой шероховатостью. Количественно степень шероховатости можно оценить по данным, приведенным в таблице.

Характеристики шероховатости ПЭФ ткани с покрытием на основе TiO_2 , нанесенным магнетронным напылением

Вид покрытия на ПЭФ ткани	Средняя шероховатость, нм	Средний размер пиков $H_{ср}$, нм	Максимальный размер пиков H_{max} , нм	$H_{ср}/H_{max}$
TiO_2 , магнетронное напыление	$10,89 \pm 1,99$	45,4	142,1	0,32

Из таблицы следует, что покрытие, сформированное магнетронным напылением, характеризуется незначительной шероховатостью.

Получена полиэфирная ткань с покрытием на основе диоксида титана, сформированным методом магнетронного напыления. Исследована иерархия покрытий. Показано, что покрытие носит упорядоченный характер и обладает низкой шероховатостью.

ЛИТЕРАТУРА

1. Prorokova N.P., Odintsova O.I., Rummyantseva V.E., Rummyantsev E.V., Konovalova V.S. Giving Improved and New Properties to Fibrous Materials by Surface Modification // *Coatings*. – 2023. – 13. – 139
2. Пророкова Н.П., Кумеева Т.Ю., Агафонов А.В., Иванов В.К. Модифицирование полиэфирной ткани наноразмерным диоксидом титана с целью придания фотоактивности // *Перспективные материалы*. – 2017. – № 1. – С. 19-29.
3. Пророкова Н.П., Кумеева Т.Ю., Холодков И.В. фотохимическая активность полиэфирных тканей, модифицированных наноразмерным диоксидом титана, допированным металлами // *Все материалы. Энциклопедический справочник*. – 2017. – № 10. – С. 2 – 8.
4. Пророкова Н.П., Кумеева Т.Ю., Кузнецов О.Ю. Антимикробные свойства полиэфирных тканей, модифицированных наноразмерным диоксидом титана // *Перспективные материалы*. – 2017. – № 11. – С. 34 – 44.
5. Пророкова Н.П., Кумеева Т.Ю., Герасимова Т.В., Агафонов А.В. Влияние структуры нанокомпозитов на основе диоксида титана, допированного железом, на фотокаталитическую активность модифицированных ими полиэфирных тканей // *Неорганические материалы*. – 2017. – Т. 53, № 12. – С. 1365-1371.
6. Prorokova N., Kumeeva T., Kholodkov I. Formation of Coatings Based on Titanium Dioxide Nanosols on Polyester Fibre Materials // *Coatings* – 2020 – V. 10 (1), 82. – P. 1-14.

ОЦЕНКА КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ СПОРТИВНЫХ ТРИКОТАЖНЫХ ИЗДЕЛИЙ

ASSESSMENT OF COMPETITIVENESS OF SPORTS KNITWEAR

А.Ю. Земскова, Е.Н. Власова
A.Yu. Zemskova, E.N. Vlasova

Ивановский государственный политехнический университет
Ivanovo State Polytechnic University
E-mail: nastyaros1107@mail.ru, vlasovaen-ivanovo@mail.ru

В работе приведен алгоритм оценки конкурентоспособности спортивных трикотажных изделий, проведена оценка потребительских свойств и конкурентоспособности спортивных трикотажных изделий.

Ключевые слова: бельевой трикотаж, спортивные футайки, конкурентоспособность, потребительских свойства.

The paper presents an algorithm for assessing the competitiveness of sports knitwear, the evaluation of consumer properties and competitiveness of sports knitwear.

Key words: Linen knitwear, sports jerseys, competitiveness, consumer properties.

Тема исследования актуальна, так как в настоящее время спортивная одежда стала особенно популярна среди представителей всех возрастных групп, поскольку она максимально комфортна, практична, функциональна и можно подобрать образы, учитывающие индивидуальные запросы потребителей.

Объектом исследования являются шесть трикотажных изделий бельевой группы, а именно, мужские спортивные футайки, реализуемые магазином «Спортмастер» г. Иваново (табл. 1).

Таблица 1

Товароведная характеристика образцов

Наименование образца по маркировке, название фирмы, цвет	Размер	Состав, %	Цена, руб.
Футболка для тренинга мужская M Nike DF TEE DB NK PRO, коралловый	46-48	75% Полиэстер, 13% хлопок, 12% вискоза	2 299
Футболка для бега мужская, Demix, серый/желтый	48	100% полиэстер	1299
Футболка мужская, Demix, темно-синий	46	100 % хлопок	499
Футболка для бега мужская, Demix, серый	46	100% полиэстер	799
Футболка для тренинга мужская, Demix, желтый	50	87% полиэстер, 13% эластан	1499
Футболка для бега мужская, Demix, голубой	46	100% полиэстер	799

Для оценки потребительских свойств экспертами выбраны наиболее важные: m_1 – целостность композиции; m_2 – пиллингуемость; m_3 – воздухопроницаемость изделия; m_4 – изменение линейных размеров после мокрой обработки; m_5 – совершенство производственного исполнения.

В табл. 2 представлены результаты проверки пиллингуемости и воздухопроницаемости трикотажных изделий. Испытание на воздухопроницаемость проводят по ГОСТ 12088-77 [1]. Испытание на пиллингуемость проводилось по ГОСТ Р 50025-92 [2].

Таблица 2

Результаты проверки значений воздухопроницаемости
и пиллингуемости бельевых трикотажных изделий

№ изделия	Воздухопроницаемость, $\text{дм}^3/\text{м}^2\text{с}$			Пиллингуемость, %		
	фактическое значение (x_i)	базовое значение (x_6)	q_3	фактическое значение (x_i)	базовое значение (x_6)	q_2
1	142	206	0,69	70	60	0,86
2	101	206	0,49	79	60	0,76
3	206	206	1,00	60	60	1,00
4	103	206	0,50	74	60	0,81
5	102	206	0,495	82	60	0,73
6	105	206	0,51	86	60	0,70

Установлено, что наименьшей пиллингуемостью обладает образец №3, выполненный из хлопка 100%.

Наименьшей воздухопроницаемостью отличаются образцы №2, №4, №5 и №6, так как они выполнены полностью из синтетических волокон. Зато данные модели будут хорошо отводить влагу и быстро сохнуть, что идеально для занятий спортом.

В табл. 3 представлены данные изменения линейных размеров спортивных фуфаяк после мокрых обработок. Исследование проводилось в соответствии с требованиями ГОСТ 26289-94 [3].

Таблица 3

Изменение линейных размеров мужских спортивных фуфаяк после мокрых обработок

№ изделия	Изменение линейных размеров после мокрой обработки						q_4
	Вдоль петельных столбиков			Вдоль петельных рядов			
	фактическое значение (x_i), %	базовое значение (x_6), %	q'_4	фактическое значение (x_i), %	базовое значение (x_6), %	q''_4	
1	1,92	1,5	0,78	0,5	0,5	1,00	0,89
2	2,1	1,5	0,71	0,71	0,5	0,70	0,71
3	4,08	1,5	0,37	1,47	0,5	0,34	0,36
4	3,06	1,5	0,49	0,72	0,5	0,69	0,59
5	4,2	1,5	0,36	0,5	0,5	1,00	0,68
6	1,02	1,5	0,68	1,43	0,5	0,35	0,52

Показатель "совершенство производственного исполнения" определяет сохранность товарного вида, тщательность изготовления продукции. Он влияет на эстетическое восприятие формы товара.

Целостность композиции товара определяет художественную выразительность и красоту продукции. Она характеризуется соразмерностью, соподчиненностью элементов отделки и формы, единством, правильным цветовым сочетанием. Оценка проведена по шкале, где 1 – это минимальное проявление показателя, а 5 – максимальное. Результаты представлены в таблице 4.

Таблица 4

Результаты оценки совершенства производственного исполнения и целостности композиции мужских спортивных фуфаяк

Целостность композиции, балл								
№ изделия	Эксперты, г					общее количество баллов	максимально возможное количество баллов	q ₁
	1	2	3	4	5			
1	5	5	5	4	5	24	25	0,96
2	4	4	4	4	4	20	25	0,80
3	4	4	4	4	3	19	25	0,76
4	5	5	5	4	4	23	25	0,92
5	5	5	5	4	5	24	25	0,96
6	4	5	5	4	4	22	25	0,88
Совершенство производственного исполнения, балл								
№ изделия	Эксперты, г					общее количество баллов	максимально возможное количество баллов	q ₅
	1	2	3	4	5			
1	5	5	5	5	5	25	25	1,00
2	5	5	5	4	4	23	25	0,92
3	4	4	3	3	4	18	25	0,72
4	5	5	4	4	5	23	25	0,92
5	4	5	5	5	5	24	25	0,96
6	4	5	5	5	4	23	25	0,92

Далее определены показатели потребительских свойств (ПС) мужских спортивных фуфаяк (табл. 5).

Таблица 5

Определение показателей потребительских свойств мужских спортивных фуфаяк

№ Образца	Относительные показатели					K _{ПС}
	q ₁	q ₂	q ₃	q ₄	q ₅	
1	0,96	0,86	0,69	0,89	1,00	0,89
2	0,80	0,76	0,49	0,71	0,92	0,75
3	0,76	1,00	1,00	0,36	0,72	0,78
4	0,92	0,81	0,50	0,59	0,92	0,77
5	0,96	0,73	0,495	0,68	0,96	0,78
6	0,88	0,70	0,51	0,52	0,92	0,72

Установлено, что образец №1 имеет очень высокий уровень ПС, а остальные образцы №2...№6 – высокий уровень ПС.

Так как оценка конкурентоспособности (КС) проводится с точки зрения покупателя, то для определения коэффициентов весомости t_y и t_z воспользуемся результатами опроса оптовых покупателей.

На вопрос, что важнее качество или цена, 60% - качество и 40% - цена, таким образом получено: $t_y=0,60$ и $t_3=0,40$. Коэффициент конкурентоспособности изделий по экономическим показателям (K_3) определяется отношением минимальной стоимости (499 руб.) изделия № 3 к цене каждого изделия [4]. В табл. 6 представлены показатели конкурентоспособности мужских спортивных фуфаяк.

Таблица 6

Показатели конкурентоспособности мужских спортивных фуфаяк

№ образца	$K_{пс}$	Цена, руб.	Цена баз., руб.	K_3	t_3	t_y	КС	Уровень КС
1	0,89	2299	499	0,27	0,40	0,60	0,64	Средний
2	0,75	1299	499	0,38	0,40	0,60	0,60	Средний
3	0,78	499	499	1,00	0,40	0,60	0,87	Очень высокий
4	0,77	799	499	0,62	0,40	0,60	0,71	Высокий
5	0,78	1499	499	0,32	0,40	0,60	0,60	Средний
6	0,72	799	499	0,62	0,40	0,60	0,68	Средний

На основе данных таблицы можно сделать вывод, что наиболее конкурентоспособным является изделие №3 – футболка мужская, Demix, темно-синяя (0,87). Образец №4 имеет высокий уровень КС (0,71) - Футболка для бега мужская, Demix, серая. Остальные образцы имеют средний уровень конкурентоспособности.

Таким образом, в данной работе приведен алгоритм оценки конкурентоспособности спортивных трикотажных изделий. Проведена оценка потребительских свойств и конкурентоспособности спортивных трикотажных изделий.

ЛИТЕРАТУРА

- ГОСТ 12088-77 Материалы текстильные и изделия из них. Метод определения воздухопроницаемости.
- ГОСТ Р 50025-92 Полотна и изделия трикотажные. Метод определения пиллингуемости.
- ГОСТ 26289-84 Полотна трикотажные бельевого назначения. Нормы изменения линейных размеров после мокрой обработки.
- Власова Е.Н. Выявление показателей качества и определение конкурентоспособности тканей для изделий домашнего текстиля / Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2016. - №2. – С. 38-42.

КОЛОРИРОВАНИЕ ПАРААРАМИДНОЙ ТКАНИ С ЭФФЕКТОМ ИК-РЕМИССИИ

COLORING OF PARARAMID FABRIC WITH IR-REMISSION EFFECT

А.Р. Зимнуров, Р.А. Гришин, О.В. Козлова
A.R. Zimnurov, R.A. Grishin, O.V. Kozlova

Ивановский государственный химико-технологический университет
Ivanovo State University of Chemical Technology
E-mail: ovk-56@mail.ru

Работа посвящена разработке технологии получения эффекта ИК-ремиссии на текстильном материале технического назначения. Показана возможность придания колористических свойств с дополнительным эффектом ночной маскировки для негорючих параарамидных тканей путем нанесения на поверхность тканей пигментно-полимерной композиции, включающей компоненты, снижающих отражательную способность материалов в ближней ИК-области спектра, а, следовательно, придающих маскировочные свойства материалам в ночное время суток.

Ключевые слова: текстильные материалы, параарамидная ткань, пигментно-полимерные композиции, пигмент, ИК-ремиссия.

The work is devoted to the development of technology for obtaining the effect of IR remission on textile materials for technical purposes. The possibility of imparting coloristic properties with an additional night camouflage effect to non-flammable para-aramid fabrics has been shown by applying a pigment-polymer composition to the surface of the fabrics, including components that reduce the reflectivity of materials in the near-IR region of the spectrum, and, therefore, impart camouflage properties to materials at night.

Key words: textile materials, para-aramid fabric, pigment-polymer compositions, pigment, IR remission.

Проблема маскировки текстильных изделий в ближней инфракрасной области спектра, которая лежит в пределах от 700 до 1100 нм, продолжает оставаться актуальной. [1]. Такая ткань может быть предназначена для верхней одежды работников МЧС, рыболовов, охотников, а также может быть использована в спортивных играх.

Цели настоящей работы направлены на решение важной проблемы, как колорирование трудноокрашиваемых материалов, таких как негорючий материал параарамид. Ранее на кафедре был разработан способ крашения таких тканей пигментом черным [2,3]. При высокой интенсивности окрасок недостатком все же была невысокая прочность окрасок. В связи с чем мы рассмотрели возможность получения на параарамидных и смесовых вискозноарамидных тканях окрасок пигментам, в том числе с ремиссией отражения в ИК лучах.

Ремиссия текстильного материала, зависит в большой степени от красителей, которыми окрашена или напечатана ткань. На уровень ремиссии также влияют ИК-показатели тела и волокнистый состав ткани. Камуфляж, способный маскировать объекты в видимой и инфракрасной области, должен быть сбалансирован, т.е. инфракрасный камуфляж не должен отвлекать от камуфляжа видимого цвета.

Классический способ придания текстильному материалу эффекта ИК-ремиссии подробно рассмотрен авторами [1]. Технология заключается в добавлении в каждый оттенок камуфляжного рисунка чёрного пигмента, за счет которого уровень отражения в ИК-области спектра снижается. Этот способ хорош и имеет место в случае создания ответственных материалов, у которых должны быть четко соблюдены и колористические требования, и уровень ремиссии в соответствие с требованиями силовых структур.

Кроме того, авторами [4,5] рассмотрен оригинальный подход к снижению уровня ремиссии в ИК-области спектра, который явился менее затратный (не нужно подрабатывать концентрации к каждому цвету текстильного рисунка), более дешевый (не используются зарубежные препараты), и универсальный (возможность совмещения модифицирующей

обработки с приданием дополнительных функциональных свойств: масло-, грязе- и водоотталкивающих, огнестойких и др.).

Предложено вводить минеральную ахроматическую добавку в полимерную композицию, которой путем поверхностного ракельного нанесения модифицируют колорированную ткань. Технология проста, реализуется на любой сушильно-ширильной машине для заключительной отделки тканей, оборудованную устройством ракельного или валкового нанесения композиции, с последующей сушкой и фиксацией горячим воздухом в течение 3-5 мин при температуре 140-160°C

Эффект ИК-ремиссии оценен с помощью спектральных характеристик покрытия в сравнении с исходной колорированной под «камуфляж» ткани, снятых в рабочем диапазоне 250-1100 нм, с помощью спектрофотометра со специальной насадкой – интегрирующей сферой (фирма PerkinElmer Ltd, Великобритания).

Объектами исследования выбраны 100% параарамидные ткани и смесовые вискозно-параарамидные. Результаты печати и спектрального анализа окрасок, полученных с использованием зеленого принтекса на вискозно-параарамидной ткани представлены на рис. 1, с использованием принтекса желтого на параарамидной ткани – на рис.2.

Вариантов технологии было три:

1. классическая прямая печать пигментом без эффекта ИК-ремиссии (на рис.1 и 2 – Ж и З);
2. прямая печать с добавкой черного пигмента в печатную композицию (на рис.1 и 2 – Ж+ч, З+ч);
3. прямая печать пигментом с поверхностной модификацией пигментно-полимерной композицией (на рис.1 и 2 – Ж', З').

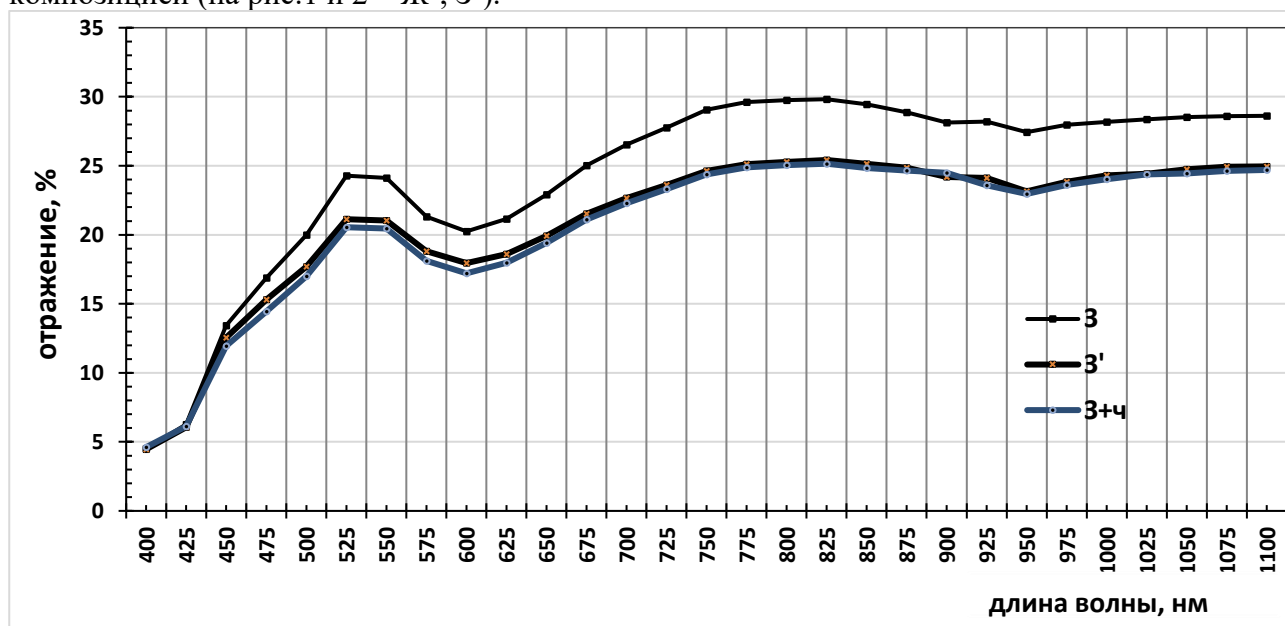






Рис. 1. Кривые отражения зеленого пигмента на вискозно-параарамидной ткани

Таблица 1

			
Цвет исходной вискозно-параарамидной ткани	Цвет, полученный пигментом зеленым прямой печатью (3)	Цвет, полученный пигментом зеленым по технологии 1 (3')	Цвет, полученный пигментом зеленым по технологии 2 (3+4)

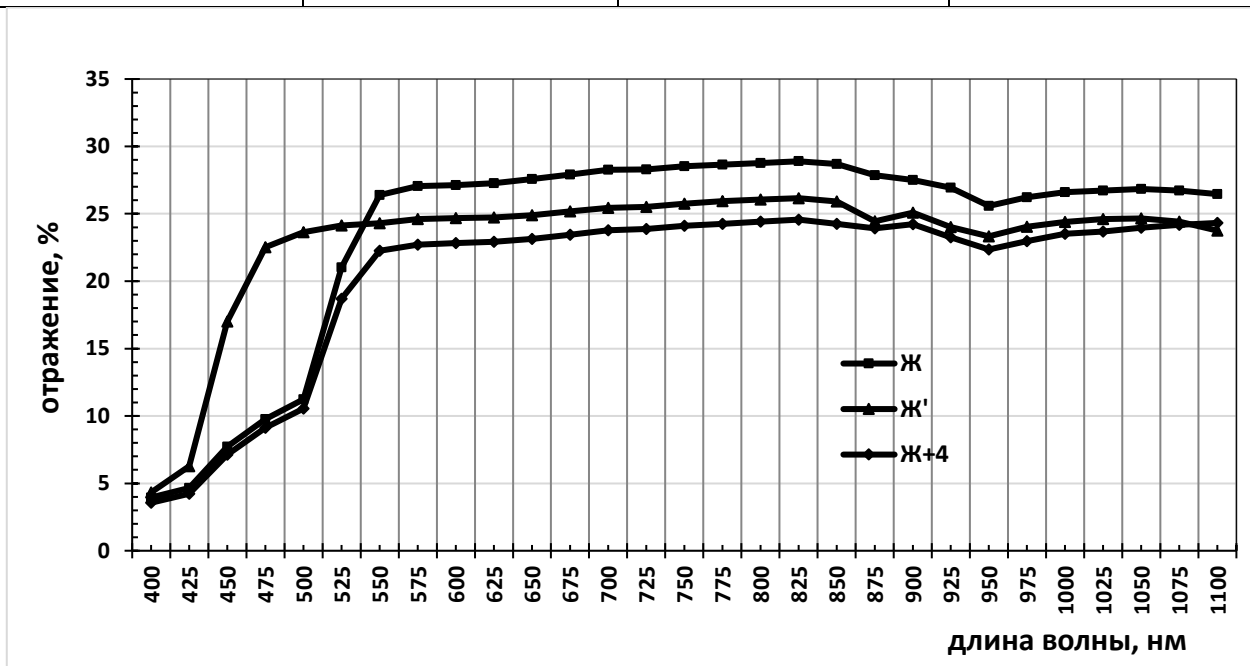


Рис. 2. Кривые отражения желтого пигмента на параарамидной ткани

Таблица 2

			
Цвет исходной ткани (параарамид с вискозой)	Цвет, полученный пигментом желтым прямой печатью	Цвет, полученный пигментом желтым по технологии 1	Цвет, полученный пигментом желтым по технологии 2

Анализ спектральных кривых показал, что отражение в ИК-области снизилось на 10%, причем спектральные кривые как по 2, так и по 3 варианту практически совпадают, что нельзя сказать о трудоемкости и длительности процесса получения эффекта ремиссии. Предлагаемый авторами вариант в этом отношении значительно выигрывает.

Отработка технологии по параарамидным тканям, учитывая специфику исходной их окраски, с целью получения цвета, попадающего в «ремиссионный коридор», потребовала дополнительные исследования [6] по подбору концентраций ахроматического пигмента в полимерной композиции для основных цветов, составляющих основу сложных цветов камуфляжа. Исследования в этом направлении продолжаются.

Полученные результаты актуальны и имеют прикладное значение при производстве текстильных материалов с комплексом функциональных свойств: маскирующих и водо-, маслоотталкивающих. Большим преимуществом технологии является возможность использования рисунков любого масштабного формата, полученных цифровой печатью.

Работа выполнена в рамках Государственного задания на выполнение НИР, тема № FZZW-2023-0008 с использованием ресурсов Центра коллективного пользования научным оборудованием ИГХТУ (при поддержке Минобрнауки России, соглашение № 075-15-2021-671)

ЛИТЕРАТУРА

1. Razouvaev A. Russia. CIS. Baltics. Textile Industry. Sulphur Dyes. Sulphur Dyes Bulletin Marketing No.5, Clariant Productos SA., 1998, 109-113.
2. Меленчук Е.В., Козлова О.В. Использование полимеров-модификаторов при колорировании параарамидных тканей //Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология. 2013. Т. 56. № 8. С. 90-92.
3. Kozlova O.V., Odintsova O.I., Melenchuk E.V., Fedorinov A.S. Dyeing of para-aramid fabrics in the presence of domestic urethane polymers //Russian Journal of General Chemistry. 2016. Т. 86. № 2. С. 488-491.
4. Зимнуров А.Р., Козлова О.В., Одинцова О.И. Современное состояние и перспективы развития технологии получения текстиля с ИК-ремиссией //Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности. 2020. Т. 50. № 4. С. 40-44.
5. Санжеева Е.Б., Одинцова О.И., Козлова О.В. Современные достижения в области применения водных дисперсий акриловых полимеров в производстве текстиля //Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2022. № 1 (397). С.197-200.
6. Гришин Р.А., Зимнуров А.Р., Санжеева Е.Б., Козлова О.В., Одинцова О.И. Полимерное покрытие для придания текстильным рисункам эффекта ИК-ремиссии // Российский химический журнал. 2022. №. 2. Том LXVI. С. 28-32

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕТКАНЫХ УТЕПЛИТЕЛЕЙ С ВЛОЖЕНИЕМ ПЕНЬКОВЫХ ВОЛОКОН

RESEARCH OF NONWOVEN INSULATIONS WITH INVESTMENT OF HEMP FIBERS

А.С. Иванова, С.В. Макаров, М.А. Стасева
A.S. Ivanova, S.V. Makarov, M.A. Stasheva

Ивановский государственный политехнический университет
Ivanovo State Polytechnic University

E-mail: sanehkami@gmail.com, mirmielsen21@mail.ru, marinastasheva@mail.ru

Одно из популярных применений нетканых полотен – утеплители в одежде. В настоящее время вновь возник интерес производителей к использованию волокон пеньки и льна при производстве текстильных материалов. В работе приведены результаты исследования двух опытных образцов нетканых объемных термоскрепленных одежных утеплителей российского производства, состоящих из смеси полиэфирных и пеньковых волокон. В результате установлено, что характеристики исследуемых образцов практически по всем показателям укладываются в диапазоны значений аналогичных одежных утеплителей, реализуемых на российском рынке. Значительные отклонения выявлены по показателю «изменение линейных размеров после химчистки», которые можно объяснить высокой усадочностью целлюлозных волокон. В результате были сформулированы рекомендации предприятию-разработчику по улучшению показателей качества и расширению ассортимента линейки.

Ключевые слова: нетканые полотна, утеплители, качество, термоскрепление.

One of the popular applications of non-woven fabrics is insulation in clothing. Currently, there is renewed interest among manufacturers in the use of hemp and flax fibers in the production of textile materials. The paper presents the results of a study of two prototypes of non-woven bulk thermally bonded clothing insulation of Russian production, consisting of a mixture of polyester and hemp fibers. As a result, it was found that the characteristics of the studied samples in almost all indicators fit into the ranges of values of similar clothing insulation materials sold on the Russian market. Significant deviations were identified in the indicator “change in linear dimensions after dry cleaning,” which can be explained by the high shrinkage of cellulose fibers. As a result, recommendations were formulated for the developer to improve quality indicators and expand the product line.

Keywords: non-woven fabrics, insulation, quality, thermal bonding.

Применение нетканых полотен в различных отраслях народного хозяйства постоянно растет. Вызвано это высокой эффективностью их производства, низкими капиталовложениями, высокими потребительскими свойствами [1-2]. Одно из популярных применений нетканых полотен – утеплители в одежде. По способу производства они могут быть холстопршивными, иглопробивными, но наиболее распространены термоскрепленные объемные, что объясняется их высокой теплозащитностью при низкой массе и толщине. Последнее обуславливает эргономичность выпускаемых швейных изделий (курток, пальто), предназначенных для защиты от пониженных температур. В основном, это синтетические утеплители. В настоящее время вновь возник интерес производителей к использованию волокон пеньки и льна при производстве текстильных материалов [3-6], что подтверждает актуальность исследования.

В работе приведены результаты исследования двух опытных образцов нетканых объемных термоскрепленных одежных утеплителей российского производства (г. Вязники, Владимирская область), состоящих из смеси полиэфирных и пеньковых волокон.

Цель исследования: сравнить характеристики образцов с требованиями нормативно-технической документации (НТД), а также с характеристиками аналогичной продукции, реализуемой на рынке.

Первоначально устанавливали требования НТД. На полотна нетканые объемные термоскрепленные синтетические распространяет свое действие ГОСТ Р 57027-2016. Следует

отметить, что данный документ не предусматривает вложения натуральных волокон. Следовательно, значения из него будем брать как ориентировочные, а на продукцию рекомендуем разработать внутренний документ предприятия (стандарт организации или технические условия). Требования национального стандарта представлены в табл. 1.

Таблица 1

Требования нормативно-технической документации
к полотнам нетканым объемным термоскрепленным

Показатель	Метод измерения	Нормативное значение
Поверхностная плотность, г/м ²	ГОСТ 3811	100-400
Толщина при давлении 0,2 кПа, мм	ГОСТ 12023	3,5-10,0
Неровнота по массе, %, не более	ГОСТ 15902.2	8
Воздухопроницаемость, дм ³ /м ² с	ГОСТ 12088	1000-1900
Суммарное тепловое сопротивление, м ² °С/Вт	ГОСТ 20489	0,25-0,45
Изменение линейных размеров после химчистки, %, не более	ГОСТ 30157.0, ГОСТ 30157.1	2,5
Устойчивость к многократному сжатию, %, не менее	ГОСТ Р 57027	70
Ширина, см	ГОСТ 3811	150±3

Кроме того, в национальном стандарте предусмотрено, что такие показатели, как разрывная нагрузка, разрывное удлинение, миграция волокон и состав сырья должны быть указаны в техническом описании на продукцию.

Далее проводили исследования образцов по стандартным методикам в условиях Центра испытаний кафедры МТСМ ИВГПУ. Результаты исследований по показателям «суммарное тепловое сопротивление» и «изменение линейных размеров после химчистки» были предоставлены сторонней организацией (аккредитованной испытательной лабораторией). Кроме того, по данным доступных источников [7-12] установили диапазоны значений показателей качества аналогов нетканых утеплителей, в том числе изготовленных с применением микроволокон. Результаты представлены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты испытаний

Показатель	Образец 1	Образец 2	Аналоги (диапазон значений)
Состав, %	Полиэфир – 80 Пенька – 20	Полиэфир – 80 Пенька – 20	Полиэфир – 20...100 Лен/пенька 0...80
Поверхностная плотность, г/м ²	325	270	70...370
Толщина при давлении 0,2 кПа, мм	4	3	1...25
Неровнота по массе, %, не более	7,0	4,4	1...12
Воздухопроницаемость, дм ³ /м ² с	915	845	800...1900
Суммарное тепловое сопротивление, м ² °С/Вт	0,57	0,45	0,15...0,80
Изменение линейных размеров после химчистки, %, не более	По длине -1 По ширине +6,5	По длине -1 По ширине +6,5	0,5...5

Устойчивость к многократному сжатию, %, не менее	75	78	70...90
Ширина, см	155	155	150

По результатам исследования установили, что характеристики исследуемых образцов практически по всем показателям укладываются в диапазоны значений аналогичных одежных утеплителей, реализуемых на российском рынке. Значительные отклонения выявлены по показателю «изменение линейных размеров после химчистки», которые можно объяснить вложением целлюлозных волокон. Плюсовые значения отклонений по ширине полотна не учитываются, так как не снижают потребительской ценности текстильного материала. Следовательно, материалы могут быть конкурентоспособны и успешно реализованы.

В результате были сформулированы рекомендации предприятию-разработчику по улучшению показателей качества и расширению ассортиментной линейки. Например, по применению микроволокон для получения заданных показателей теплозащиты при меньших значениях массы и толщины, что позволит повысить потребительскую ценность и конкурентоспособность выпускаемой продукции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Айзенштейн, Э. М. Мировое и отечественное производство и потребление нетканых материалов / Э. М. Айзенштейн // Деловой журнал Neftegaz.RU. – 2018. – № 2(74). – С. 64-72.
2. Современные тенденции и перспективы развития мирового производства и потребления нетканых материалов / А. М. Есиркепова, Г. Р. Дуйсембекова, Б. Н. Сабенова [и др.] // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2020. – № 3(387). – С. 75-83.
3. Объемные нетканые утеплители из натуральных волокон российского происхождения / Е. А. Кирсанова, А. В. Вершинина, О. В. Веселова, С. Н. Иванова // Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ-2020): Сборник материалов Международной научно-технической конференции, Москва, 12 ноября 2020 года. Том Часть 2. – Москва: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)", 2020. – С. 30-33.
4. Плеханов, А. Ф. Технология подготовки смесей котонизированных волокон льна и ненаркотической конопли при изготовлении нетканых материалов / А. Ф. Плеханов, Д. С. Ташпулатов, М. С. Бадалов // Инновационное развитие легкой и текстильной промышленности (ИНТЕКС-2019) – Москва: РГУ им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)", 2019. – С. 70-71/
5. Коунина, Л. Е. Анализ ассортимента нетканых материалов с вложением пеньковых волокон / Л. Е. Коунина, М. А. Сташева // Молодые ученые – развитию Национальной технологической инициативы (ПОИСК). – 2023. – № 1. – С. 763-765.
6. Исследование свойств нетканых полотен вязально-прошивного способа производства, содержащих в своем составе модифицированные волокна льна / Л. Ф. Немирова, С. Н. Литунов, С. Ш. Ташпулатов [и др.] // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2019. – № 6(384). – С. 182-185.
7. Исследование характеристик нетканых утеплителей, содержащих коноплю / В. В. Гордеев, Д. Г. Сивков, Т. О. Гойс, М. А. Сташева // Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX). – 2022. – № 1. – С. 119-122. – DOI 10.47367/2413-6514_2022_1_119.
8. Бесшапошникова, В. И. Исследование влияния структуры на свойства объемных нетканых утеплителей одежды / В. И. Бесшапошникова, Н. А. Климова, Н. Е. Ковалева // Материалы и технологии. – 2018. – № 2(2). – С. 28-33. – DOI 10.24411/2617-149X-2018-12005.

9. Быстрова, Н. Ю. Исследование потребительских свойств нетканых материалов / Н. Ю. Быстрова, Е. О. Татарина // Инновации и современные технологии в индустрии моды: материалы III Всероссийской научно-практической конференции, Новосибирск, 14 мая 2020 года / Новосибирский технологический институт (филиал) РГУ им. А.Н. Косыгина. – Саратов: Общество с ограниченной ответственностью "Амирит", 2020. – С. 33-37.
10. Мезенцева, Е. В. Исследование структуры и свойств нетканых объемных материалов в зависимости от содержания полиэфирных микроволокон / Е. В. Мезенцева, В. В. Иванов, В. Ю. Мишаков // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2019. – № 5(383). – С. 54-60.
11. Исследование теплозащитных свойств нетканых утеплителей в пакетах одежды / Д. А. Советников, В. Ю. Мишаков, Е. А. Кирсанова, Ю. М. Трещалин // Дизайн и технологии. – 2016. – № 56(98). – С. 73-79.
12. Мезенцева, Е. В. Оценка качества теплоизоляционных нетканых материалов с функцией терморегуляции и саморегуляции, сформированных путем диспергирования волокон в потоке воздуха / Е. В. Мезенцева, В. Ю. Мишаков // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2022. – № 3(399). – С. 70-75. – DOI 10.47367/0021-3497_2022_3_70.

**РАЗРАБОТКА ВИРТУАЛЬНОЙ КОЛЛЕКЦИИ
ДЛЯ ВЫСТАВКИ «ДИЗАЙН-КОД»**

**DEVELOPMENT OF A VIRTUAL COLLECTION
FOR THE EXHIBITION "DESIGN CODE"**

Я.Е. Игнатъичев, О.В. Сурикова

Y.E. Ignatichiev, O.V. Surikova

Ивановский государственный политехнический университет

Ivanovo State Polytechnic University

E-mail: barankin1999@list.ru, ola_surikova@mail.ru

В работе представлены результаты проекта по подготовке мультимедийного ролика виртуального дефиле моделей одежды для выставки «Дизайн-код». В работе подробно изложены этапы создания цифровых двойников моделей.

Ключевые слова: 3D проектирование одежды, аватар, коллекция, видео

The paper presents the results of a project to prepare a multimedia video of a virtual fashion show of clothing models for the exhibition "Design Code". The paper describes in detail the stages of creating digital doubles of models.

Keywords: 3D clothing design, avatar, collection, video

Цифровые технологии прочно вошли в индустрию моды. Все большее количество процессов можно автоматизировать или разработать в содружестве с компьютерной технологией и даже с искусственным интеллектом. Разработка трехмерных коллекций одежды стала частью недель моды и творчества некоторых дизайнеров. Например, дизайнер Алена Ахмадулина наравне с физическими коллекциями одежды выпускает коллекцию виртуальных моделей.

Цель настоящего проекта – разработка виртуального дефиле для выставки «Дизайн-код».

Для реализации проекта были выполнены разработки цифровых двойников моделей из коллекции дизайнера Ксении Новиковой «Биоматериал» и «Снежные розы». В программе CLO3D и 3D MAX командой дизайнеров выполнены следующие виды работ:

- созданы аватары для виртуального дефиле мужских и женских фигур;
- созданы статичные и динамичные позы для аватаров (рис1),
- созданы 3D модели одежды, наложены текстуры, и подобраны материалы по физико-механическим свойствам иммитирующие реальные ткани (рис2);
- выполнен экспорт 3D моделей в OBJ формат, пригодный для моделирования 3D дефиле;
- создан ландшафт, иммитирующий виртуальное дефиле на природе. В качестве ландшафта использовалось анимированное море и подиум;

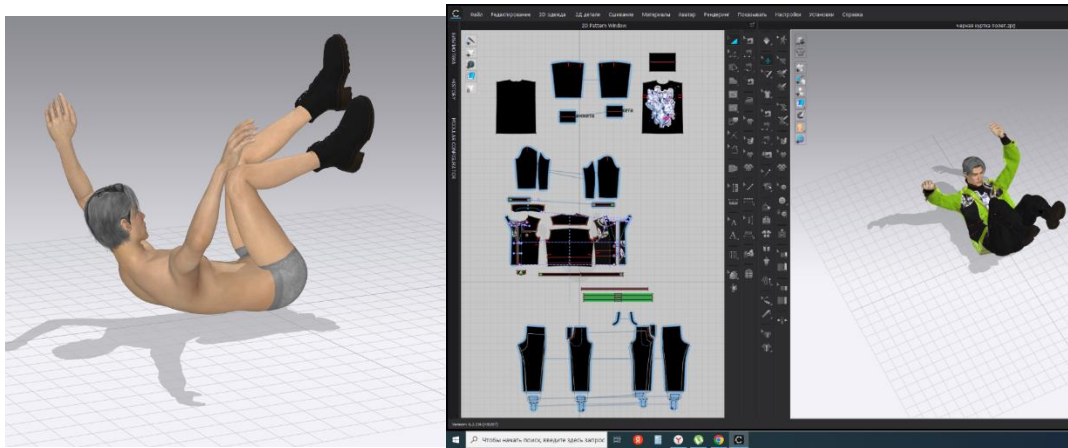


Рис. 1. Динамическая поза для аватара и пример визуализации одежды на автаре с динамической позой

- интегрированы 3D модели одежды в ландшафт (рис.3);
- создана траектория движения камеры в сцене;
- создан ролик 3D дефиле.

Результат разработки был представлен на выставке «Дизайн-код», проходившей в рамках фестиваля «МОДА 4.0» в декабре 2022 года в Музейно-Выставочном центре г. Иваново.

Реализация проекта по разработке виртуального дефиле показала большой потенциал и интересные возможности использования технологий 3D проектирования для индустрии моды.

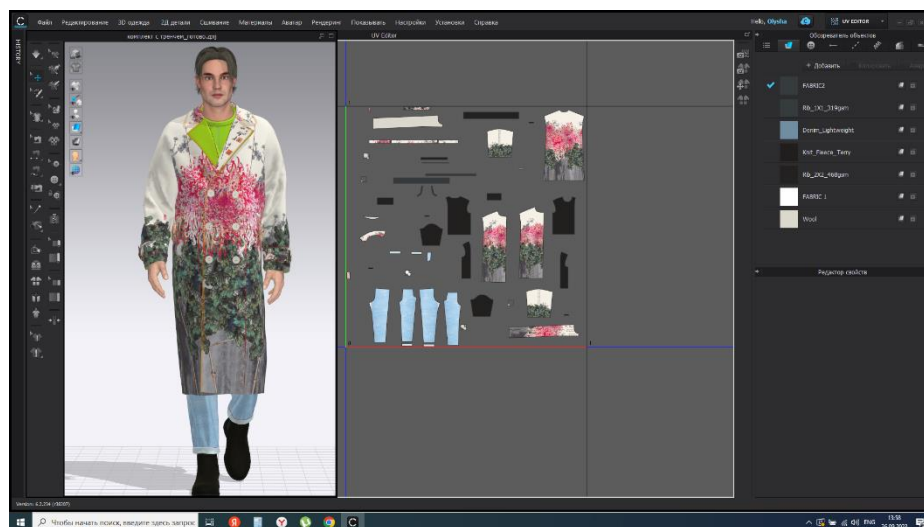


Рис. 2. 3D модель одежды в программе CLO3D



Рис. 3. Готовая сцена с 3D моделями одежды

ЛИТЕРАТУРА

1. Борзунов Г.И., Каршакова Л.Б., Груздева М.А., Обетковская М.А., Смирнов В.Б., Захаркина С.В. Особенности проектирования одежды в цифровой среде// Известия вузов. Технология текстильной промышленности. СПЕЦВЫПУСК Индустрия 4.0. 2022. № 2(398), с 183-191
2. Залялютдинова Г.Р., Хамматова В.В. Информационные 3D-технологии в проектировании изделий текстильной и легкой промышленности // // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2022. № 6(402), с. 148-153

ТРАДИЦИОННАЯ РУССКАЯ НАБОЙКА В ДИЗАЙНЕ СОВРЕМЕННОГО КОСТЮМА

TRADITIONAL RUSSIAN STUFFING IN THE DESIGN OF A MODERN SUIT

А. Н. Карапапас, Т.Л. Щербакова
A. N. Karapapas, T.L. Shcherbakova

Ивановский государственный политехнический университет
Ivanovo State Polytechnic University
E-mail: karapapasantonina@yandex.ru, dvaoblaka@yandex.ru

Рассмотрены вопросы современной интерпретации традиционных текстильных мотивов, выполненных способом ручной набойки. Проанализированы особенности использования традиций русского костюма в современной моде.

Ключевые слова: текстильный рисунок, набойка, традиционный костюм.

The issues of modern interpretation of traditional textile motifs made by the method of stuffing are manual printing. The features of the use of the traditions of Russian costume in modern fashion are analyzed.

Keywords: textile pattern, print, traditional costume.

Несмотря на то, что Иваново имеет многовековой запас традиций в сфере текстильного рисунка, в современном текстиле мы видим мало примеров обращения к традиционным мотивам и еще меньше примеров качественного решения данной темы, включающего понимание их особенностей, стилистики, соотнесенности с определенной эпохой.

Очень часто Традиция трактуется как понятие тождественное понятию культурное наследие, как прямое цитирование традиционных образцов. Однако традиция — это актуализированное прошлое, включающее отбор из всего массива наследия ценных именно для сегодняшнего поколения элементов прошлого, предполагающее трансформацию воспринятого наследия в соответствии с новым культурно-историческим контекстом [4, с.25-34].

Можно назвать различные факторы, влияющие на формирование позиции по отношению к традиции, когда новое поколение художников-текстильщиков не видит ценных образцов в текстильных традициях, которым оно стремилось бы следовать. Одна из главных, на наш взгляд, причин отсутствия традиционных мотивов в современном текстильном рисунке заключается в поверхностном знании предмета. Это касается не только обывателя, рядового потребителя, но и профессиональных дизайнеров-текстильщиков, а также студентов-дизайнеров.

Поскольку в решении проблемы актуализации текстильной традиции важнейшим звеном является дизайнер, большое значение приобретает воспитание глубокого знания традиций русской, и в том числе ивановской, текстильной орнаментации именно у нового поколения профессионалов. Представляется важным уделять внимание практическому решению задачи поиска и интерпретации актуального традиционного материала интересного студентам-дизайнерам в процессе их обучения, который впоследствии будет интересен и предполагаемому потребителю. Данное направление реализуется на кафедре ДКТ им. Н.Г. Мизоновой в рамках таких дисциплин как «Традиции ивановского текстиля», «Выполнение проекта в материале», «Художественное проектирование тканей».

Работа, направленная на обращение к традициям и их сохранение, развивается в нескольких направлениях. Поскольку Иваново является на сегодня крупнейшим текстильным центром, а также центром текстильного дизайна по созданию рисунков для ткани, значительный интерес представляет обращение к своим традициям в современном текстильном рисунке, адаптация этих традиций для промышленного производства. Вторым

направлением является авторское прочтение этой темы в таких формах как текстильные арт-объекты, штучные изделия, выполненные с применением ручных текстильных техник, а также коллекции одежды, в которых присутствует обращение к традиционным текстильным рисункам.

Один из таких проектов рассматривается в данном докладе. Проект «Традиции ручной набойки» выполнялся в рамках дисциплины «Выполнение проекта в материале». Его целью являлось знакомство с техникой ручной набойки, включающей воспроизведение всех ее элементов: производство набойных досок, подбор красок, знакомство с особенностями композиции и стилистики.

В качестве аналогов использовались рисунки различных периодов, например, более ранние, геометрические мотивы. В основу же данного проекта легли цветочные мотивы мильфлер. Заимствованный из европейской традиции мотив мильфлер (фр. mille-fleurs – «тысяча цветов»), трансформируясь в соответствии с местными традициями, начинает использоваться в русских тканях и становится любимым мотивом в рисунках традиционных платков, шалей, а также так называемых сарафанных ситцев, предназначенных для женского традиционного костюма [1]. «Разработанный рисунок не является копией какого-либо образца, он создавался на основе авторской трактовки рисунков для ткани, представленных в коллекции Музея ивановского ситца [3]. Первоначально была создана раппортная композиция, стилизованная под оригинальную набойку XVIII века в графическом редакторе Photoshop. Затем раппортный модуль рисунка переносился на деревянную доску-основу. По его контурам наносился состав, с помощью которого формировалась рельефность элементов набойки. Для каждого цвета создавалась своя набойная доска, их количество соответствовало количеству цветов в рисунке» [2, с. 671].

Основой для набойки послужила натуральная хлопковая и льняная ткань. «Для переноса рисунка с набойки на ткань, деревянная форма прокатывалась валиком с краской, затем прикладывалась к ткани и простукивалась резиновым молотком. Повторяя эту операцию несколько раз, был получен раппортный рисунок на ткани» [2, с. 672]. Образцы тканей с набитым рисунком представлены на рисунках №1 и №2.

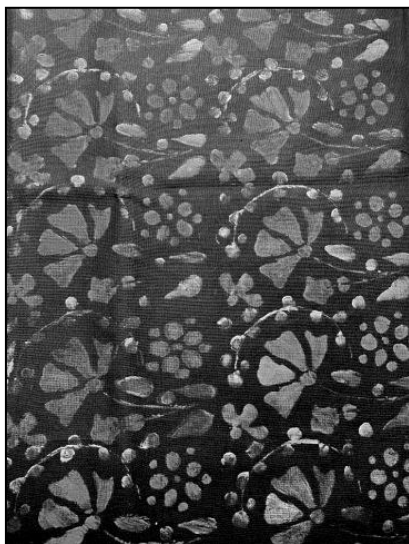


Рис. 1. Образец набойки №1

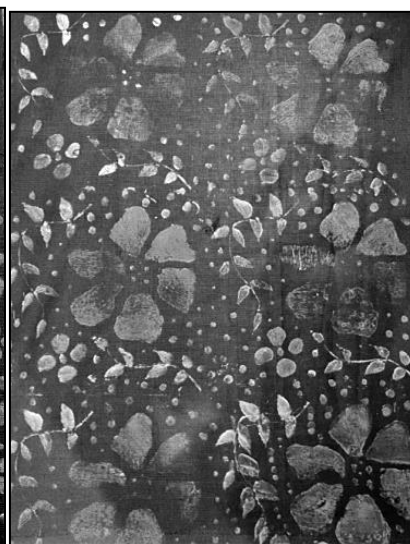


Рис. 2. Образец набойки №2

Начальная концепция возрождения в современном текстильном дизайне традиций русского текстильного рисунка получила продолжение в идее ее применения в коллекции костюмов «Свет очей моих». Основная концепция коллекции строится на принципах построения традиционного костюма, актуальных и в современном дизайне: экологичность, конструктивность и функционализм. Используемые в коллекции натуральные льняные и хлопковые ткани, следуя традициям народного костюма, одновременно соответствуют генеральному тренду на экологичность во всех современных сферах дизайна.

Конструктивность и лаконичность формы элементов коллекции строится на обращении к традиционным элементам русского костюма: рубаше, сарафану, оплечью, их трансформации в фартуки-сарафаны, стеганные жилеты и манишки. Свободный крой, а также принцип модульности и многослойности традиционного костюма, его функциональность, также легли в основу концепции разработанной коллекции. Необыкновенно обогатила фактуру ткани, помимо ручной набойки, технология ручной вышивки бисером, которая также является традиционной в русском костюме. Коллекция «Свет очей моих» была представлена на конкурсе «Льняная палитра» в Плесе.

Колористическое решение коллекции в соответствии с ее концепцией построено на гамме натуральных цветов: оттенках серого неокрашенного льна, а также различных оттенках коричневого. Цветовые акценты создают элементы сложного красно-вишневый цвета: платье, сумки, кокошники. В работе использовались как ткани с рисунком, полученным промышленным способом, например ткань в «горошек», так и ткани с авторским принтом, полученным способом ручной набойки. Композиция строится на контрасте гладких тканей и орнаментированных цветочными раппортными рисунками, построенными в разных масштабах и колорите, а также монопринтах, использованных на сумках.



Рис. 3. Коллекция «Свет очей моих» А. Карапапас

Одна из главных задач проекта заключалась не в создании исторической реконструкции, хотя это тоже важное и интересное дело, а в поиске нового воплощения традиции, ее новой жизни в современной реальности. Концепция коллекции синтезирует традиционные и современные черты, силуэты костюма, построенные на традиционных формах, дополняются бейсболками с надетыми поверх них кокошниками, белыми кроссовками и гетрами, а также брюками, уводя проект от исторической реконструкции в направлении современного функционализма. Разрабатывая коллекцию костюма, дизайнер ставит перед собой задачу создать образ будущего, а также в своей концепции он транслирует определенные ценности. Можно сказать, что помимо упомянутых формальных принципов: экологичности, конструктивности и функционализма, обращение к теме традиционного костюма в современном дизайне направлено на актуализацию традиционных ценностей чистоты и целомудренности, через обращение к традиционному женскому образу.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Ивановские ситцы: Альбом / Авт.-сост. Е.В.Арсеньева. - Л.: Художник РСФСР, 1983.- 216 с
- 2 Карапапас А. Н. Щербакова Т. Л. Интерпретация традиций русского костюма и набойки в современном костюме // Молодые ученые национальной технологической инициативы (ПОИСК) – Учредители: Ивановский государственный политехнический университет – Иваново. 2023, С. 671-673.
3. Набойки и ткани Ивановского музея ситцев <https://goskatalog.ru/portal/#/museums?id=4171> (дата обращения: 08.09.2023).
4. Щербакова Т. Л. Динамика традиции и новации в формировании орнаментальной композиции ивановских тканей: дис. ... канд. культурологии– Иваново. 2022 – 157 с.
5. Рыжов А.И. Текущее состояние льняного комплекса Российской Федерации / А. И. Рыжов // тез. докл. XXV международного научно-практического форума «Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX-2022)»: матер.форума, 6-7 октября 2022 года. – Иваново: ИВГПУ, 2022 С. 24-26.
6. Голицкова А.А. Разработка и анализ свойств авторской коллекции одежды / А.А. Голицкова, Е.Н. Власова// тез. докл. XXV международного научно-практического форума «Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX-2022)»: матер.форума, 6-7 октября 2022 года. – Иваново: ИВГПУ, 2022 С. 115-118

КЛАССИФИКАЦИЯ КОЖГАЛАНТЕРЕЙНЫХ МОТОАКСЕССУАРОВ

CLASSIFICATION OF LEATHER MOTORCYCLE ACCESSORIES

Е.А. Коваль, Ю.С. Конарева, В.В. Костылева
E.A. Koval, Yu.S. Konareva, V.V. Kostyleva

Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина
(Технологии. Дизайн. Искусство), (Москва)
The Kosygin State University of Russia (Moscow)
E-mail: rgukaspirant@mail.ru

В статье представлен вариант разработки классификации кожгалантерейных аксессуаров для байкеров и их мотоциклов. Систематизированы по группам: виды аксессуаров, художественно-конструктивные формы, конструкции, свойства применяемых материалов, способы крепления.

Ключевые слова: классификация, кожгалантерейные аксессуары, байкер, мотоцикл, онлайн проектирование.

The article presents an option for developing a classification of leather goods accessories for bikers and their motorcycles. Systematized into groups: types of accessories, artistic and structural forms, designs, properties of the materials used, methods of fastening.

Keywords: classification, leather goods accessories, biker, motorcycle, online design.

Мировая мотоиндустрия – это спектр технических разработок, где новые технологии оказывают существенное влияние на развитие мототехники, производство мотоциклов и дополнительную мотоатрибутику.

Под мотоатрибутикой подразумеваются различные аксессуары для мотоциклов и байкеров, которые обуславливают отличительные особенности внешнего образа, формируют определенные требования в зависимости от класса мотоцикла, индивидуальных предпочтений и общей характеристики местности [1].

Для того, чтобы представить в удобном для распознавания виде изучаемую область и получить максимально полную информацию о её объектах необходимо решить две основные задачи:

1. Систематизировать данные об изучаемом объекте в соподчинённые группы, где объекты распределены на основании их сходства по определённым свойствам;
2. Включить максимально полную информацию о её объектах [2].

В мотосреде целостный образ байкера и мотоцикла позволяет разделить мотоатрибутику по назначению на два основных вида: аксессуары для мотоцикла и байкера. Первый вид включает в себя багажную систему и элементы декора, например, на фары, ветровое стекло и т.д., второй – специальные сумки и небольшого размера изделия из кожи, например, перчатки, балаклавы, браслеты и т.д.

На рис. 1 представлен вариант разработки классификации кожгалантерейной атрибутики для байкеров, где авторами систематизированы по группам: виды аксессуаров, художественно-конструктивные формы, конструкции, свойства применяемых материалов, способы крепления [3,4].

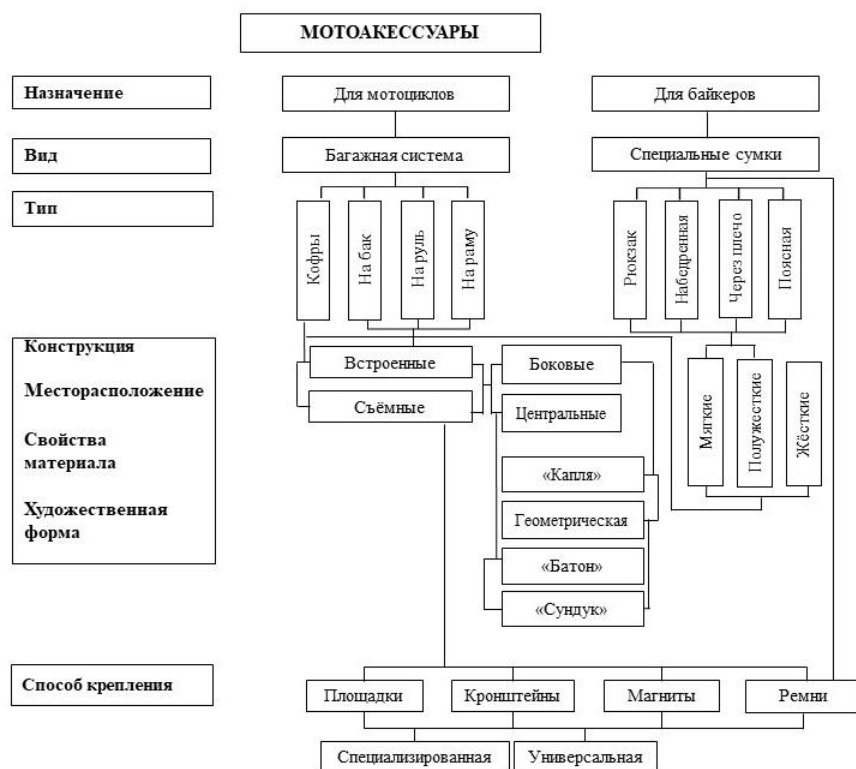


Рис. 1. Классификация мотоаксессуаров

Главная задача при езде на мотоцикле сводится к рациональному использованию и перевозке каких-либо предметов, поэтому в независимости от его класса, практически все байки оснащены встроенной или съёмной багажной системой [5].

Встроенной багажной системой комплектуются туристического класса мотоциклы, так как разработаны специально для путешествий и поездок на дальние расстояния [6].

Исключением являются спортбайки и мотоциклы класса «эндуро», так как их предназначение исключает дополнительные детали, которые препятствуют их эксплуатации.

Способ перевозки вещей благодаря съёмной багажной системе подразумевает временное ее использование, в зависимости от обстоятельств и цели поездки мотоциклиста/байкера.

Исходя из расположения на мотоцикле багажную систему делят на типы:

- кофр центральный (он же задний);
- кофры боковые;
- сумки на бак;
- сумки на руль;
- сумки на раму.

Поскольку мотоциклетные кофры, должны соответствовать определенным требованиям и индивидуальным предпочтениям, которые обеспечивают безопасность во время езды, функциональность и эстетичный внешний вид, то целесообразно сгруппировать их по художественно-конструктивной форме: «сундук» – прямоугольная, квадратная, «батон»-цилиндрическая, «капля» (данный «сленг» употребляется в мотосреде), а также геометрическая [7].

При разработке мотоаксессуаров основным компонентом являются материалы. Для их изготовления чаще всего используется кожа, поскольку она обладает эластичностью, износостойкостью, воздухопроницаемостью, устойчивостью к перепадам температур.

Эластичность кожи позволяет создавать изделия мягкой формы, в частности специальные сумки для байкеров, а в сочетании с другими материалами – проектировать полужесткие (упругий каркас, обтянутый кожей) и жесткие (металл или пластик, обтянутый кожей), простые и сложные конструкции, с учетом индивидуальных предпочтений.

Важной составляющей при езде на мотоцикле является крепежная система мотоаксессуаров. Специализированная рассчитана исключительно под определенную модель мотоцикла, универсальная разработана для различных моделей и подходит любому классу мототехники. Учитываются и конструкции этих креплений: сварные цельные – готовый вариант с прилагающимся к нему крепежом для установки мотокофр, тогда как сварные сборные можно доработать самостоятельно по индивидуальным требованиям мотоциклиста. Для креплений специальных сумок для байкеров и сумок на бак, руль или раму чаще всего используются магниты и ремни, а для крепления центрального (заднего) мотокофра – специальные площадки [8].

Концепция образа байкера вместе с мотоциклом определенного стиля и функциональных аксессуаров из кожи обуславливает систематизацию конструктивных особенностей кожгалантерейных изделий в мотоатрибутике и предполагает расширение базы данных конструкций аксессуаров для байкеров с учетом возможностей современных цифровых технологий [9,10]. Выделенные признаки в разработанной классификации позволят улучшить диалог в формате «производитель-потребитель» при онлайн проектировании [11].

ЛИТЕРАТУРА

1. Коваль, Е. А. Разработка конструкций мотоаксессуаров с использованием инструментов дополненной реальности / Е. А. Коваль, Ю. С. Конарева, В. В. Костылева // Костюмология. — 2023. — Т 8. — №2. — URL: <https://kostumologiya.ru/PDF/19TLKL223.pdf> (дата обращения: 15.09.2023).
2. Лигостаев А.Г. Классификация как метод познания, [Текст] Электронный ресурс: <https://prepod.nspu.ru/mod/page/view.php?id=129471>
3. Коваль, Е. А. Систематизация элементов конструкций кожгалантерейной атрибутики мотоциклиста в различных стилях / Е. А. Коваль, Ю. С. Конарева, В. В. Костылева // Костюмология. — 2023. — Т 8. — №1. — URL: <https://kostumologiya.ru/PDF/01TLKL123.pdf> (дата обращения: 18.09.2023).
4. Коваль Е.А., Конарева Ю.С. О субкультуре любителей мототехники. В сборнике: Фундаментальные и прикладные научные исследования в области инклюзивного дизайна и технологий: опыт, практика и перспективы. Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции М.: Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство). 2021. С. 198-201.
5. Коваль Е.А., Конарева Ю.С. Об эргономичности экипировки для любителей мототехники. Концепции, теория, методики фундаментальных и прикладных научных исследований в области инклюзивного дизайна и технологий: сборник научных трудов по итогам Международной научно-практической заочной конференции (25-27 марта 2020 г.). Часть 3. – М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2020. – 170 с., с. 49-55.
6. Коваль Е.А., Конарева Ю.С., Костылева В.В. Исторический обзор и тенденции развития современной мототехники в инклюзивном контексте. Международная научно-практическая конференция – 2022 «Фундаментальные и прикладные научные исследования в области инклюзивного дизайна и технологий: опыт, практика и перспективы» – М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина, 2022-С.121-126.
7. Коваль Е.А., Конарева Ю.С., Костылева В.В. Аналитический обзор характеристик мотоциклетной техники по наличию багажной системы. В сборнике: Инновационное развитие техники и технологий в промышленности (ИНТЕКС-2022). сборник материалов Всероссийской научной конференции молодых исследователей с международным участием. М.: Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство). 2022. С. 130-132.
8. Системы крепления для мотокофр, [Текст] Электронный ресурс: <https://moto.tours/stati/sistemy-krepleniya-motokofrov-monokey-ili-monolock-bolshoy-razbor/>
9. Коваль Е.А., Конарева Ю.С., Костылева В.В. Особенности стилового решения экипировки байкера и его мотоцикла. II Международная научно-практическая конференция «Инновации и

технологии к развитию теории современной моды «МОДА» (Материалы. Одежда. Дизайн. Аксессуары)», посвящённой профессору Фёдору Максимовичу Пармону. – М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина- Апрель, 2022.

10. Коваль Е.А., Конарева Ю.С., Костылева В.В, О.В. Синёва, А.И. Карасёва. Автоматизированное проектирование модели-образа на основе принципов «онлайн-конструктора» в производстве персонифицированных аксессуаров. Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2022, № 5 (401). С. 167-170.

11. Коваль, Е. А. Разработка конструкций мотоаксессуаров с использованием инструментов дополненной реальности / Е. А. Коваль, Ю. С. Конарева, В. В. Костылева // Костюмология. — 2023. — Т 8. — №2. — URL: <https://kostumologiya.ru/PDF/19TLKL223.pdf> (дата обращения: 28.07.2023).

**ВЛИЯНИЕ ВОЛОКОН РАЗЛИЧНОГО ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И
ПОЛИМЕРНОГО СВЯЗУЮЩЕГО НА ЖЕСТКОСТЬ НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**THE EFFECT OF FIBERS OF DIFFERENT CHEMICAL COMPOSITION AND
POLYMER BINDER ON THE RIGIDITY OF NONWOVENS**

О.В. Кожевникова¹, Е.С. Бокова¹, И.Д. Асметков², А.В. Дедов²
O.V. Kozhevnikova¹, E.S. Bokova¹, I.D. Asmetkov², A.V. Dedov²

¹Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина
(Технологии. Дизайн. Искусство), (Москва)

²Московский политехнический университет

¹ The Kosygin State University of Russia, Moscow

²Moscow Polytechnic University

E-mail: efgenikum@gmail.com; esbokova@yandex.ru; ivan.asmetkov@rambler.ru;
dedovs55@rambler.ru

Исследована жесткость нетканых материалов из полиэфирных и полиацетальных волокон, пропитанных водной дисперсией полиуретана. Установлена степень влияния ориентации волокон в нетканом полотне, а также характера распределения полимерного связующего на жесткость образцов продольном и поперечном направлении.

Ключевые слова: нетканое полотно; пропитка; водная дисперсия полиуретана, жесткость, степень пропитки

The rigidity of nonwovens made of polyester and polyacetal fibers impregnated with water dispersion of polyurethane is investigated. The degree of influence of the orientation of the fibers in the nonwoven fabric, as well as the nature of the distribution of the polymer binder on the stiffness of the samples in the longitudinal and transverse directions is established.

Keywords: non-woven fabric; impregnation; water dispersion of polyurethane, rigidity, degree of impregnation

Жесткость материалов является одной из важных эксплуатационных характеристик, определяющих его сопротивление изменению формы под действием внешней силы [1,2]. Нетканые полотна, которые являются составляющим элементом многих композиционных материалов, сами по себе имеют достаточно низкий показатель жесткости, что нивелируется их пропиткой различными полимерным связующими. При этом конечный результат пропитки зависит от ряда факторов, таких как химическая природа волокон и степень их сродства к полимерному связующему, технология производства нетканого материала, его поверхностная плотность, условия проведения пропитки, характер распределения полимера на волокне и др.

Целью настоящей работы является исследование влияния волокон различного химического состава и полимерного связующего на жесткость нетканых материалов.

В качестве объектов исследования использовали нетканые полотна на основе полиэтилентерефталатных волокон линейной плотности 0,33 текс (диаметром 20–25 мкм) и полиацетальных волокон линейной плотности 0,33 текс (диаметром 18–22 мкм). Волокнистые материалы были получены механическим способом формирования холста с последующим иглопрокалыванием. Поверхностная плотность полотен составляла 100–120 г/м², толщина 1,5–1,7 мм.

В качестве полимерного связующего использовали водную дисперсию полиуретана марки IMPRANIL DL 1380 (Китай).

Процесс пропитки проводили путем полного погружения образцов нетканых материалов в емкость объемом 500 мл, заполненную дисперсией, после чего материал прокатывали между валами с зазором, равным половине толщины полотен. Степень пропитки

нетканого полотна (C_M) варьировали разбавлением дисперсии полимера дистиллированной водой.

$$C_M = \frac{m_1 - m}{m} \quad (1)$$

где m_1 и m – масса образца после и до пропитки соответственно, кг.

Термообработку пропитанного материала осуществляли при температуре 70⁰С.

Размеры и массу образцов полотен определяли по ГОСТ 15902.2-2003, толщину по ГОСТ 11358-70 с использованием толщиномера с ценой деления 0,01 мм при давлении на материал 10 кПа. Максимальная относительная ошибка измерений поверхностной и объемной плотности полотен составила ±4 %.

Для определения жесткости образцов использовали прибор Гарлея, общий вид и принципиальная схема которого представлены на рис. 1.

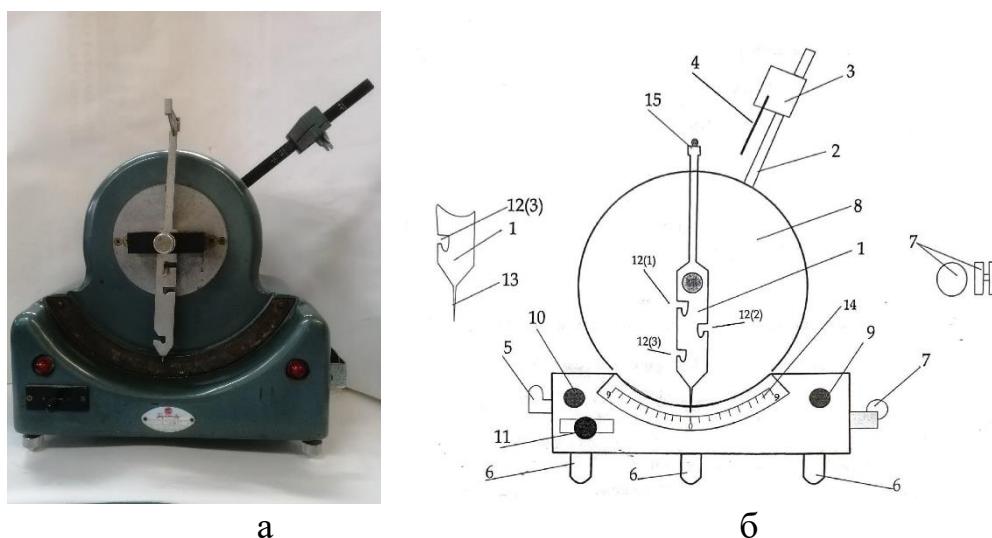


Рис. 1. Общий вид (а) и принципиальная схема действия (б) прибора Гарлея

На корпус прибора (8) закреплен маятник (1), на котором имеются гнезда (12) для крепления грузов (7). Нижняя часть маятника снабжена стрелкой (13). Отчет осуществляется по закрепленной на корпусе (8) шкале (14). На верхней части маятника находится планка прогиба образца (15). Винты (6) служат для установки прибора в горизонтальное положение по уровню (5) и вывода стрелки (13) в нулевое положение шкалы. На корпусе прибора имеются индикаторы левого (9) и правого (10) перемещения и рукоятки переключения направлений перемещения (11). В нижнее гнездо маятника (12) вставляют груз (7).. Далее по уровню (5) с помощью винтов (6) устанавливают указатель стрелки (13) в нулевое положение шкалы, приводя тем самым прибор в рабочее положение.

На рис. 2. и 3 приведены зависимости жесткости (G) нетканых полотен из полиэфирных и полиацетальных волокон от степени их пропитки водной дисперсией полиуретана. Жесткость нетканых материалов из волокон разной химической природы очень мала и находится в диапазоне 0,15–0,20×10⁻² г. Очевидно, что жесткость полотна не зависит от типа волокон, а определяется практически одинаковыми значениями их плотности, которая для полиэфирного волокна составляет 1370 кг/м³, для полиацетального– 1420 кг/м³.

В работе установлено, что жесткость исходных не пропитанных образцов из каждого вида волокон, вырезанных в продольном и поперечном направлении их формирования, практически одинакова.

Из рис. 2. и 3 видно, что пропитка полотен из полиэфирных (рис. 2, кр. 1) и полиацетальных волокон (рис. 3, кр.1) приводит к значительному увеличению жесткости образцов, вырезанных в поперечном направлении. При степени пропитки больше 0,4,

жесткость увеличивается практически в два раза и резко растет при степени пропитки больше 0,6.

Для образцов, вырезанных в продольном направлении, независимо от химической природы волокна, наблюдается более плавный рост показателя жесткости в диапазоне степени пропитки от 0,2 до 0,4 (рис.2,3 кр. 2), после чего она практически не меняется, и кривая выходит на постоянный уровень.

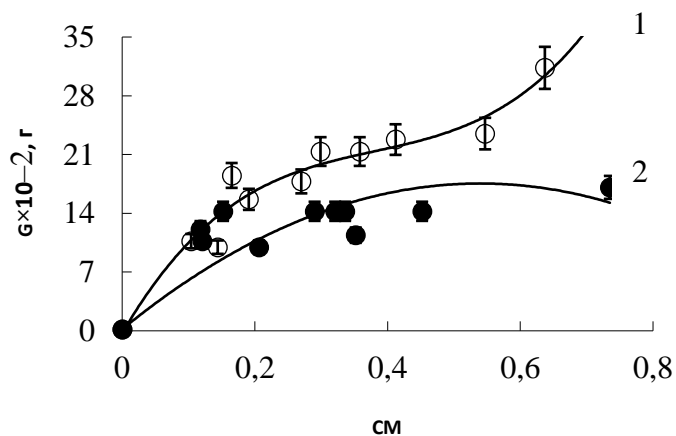


Рис. 2. Зависимости жесткости нетканых материалов из полиэфирных волокон от степени пропитки водной дисперсией полиуретана в поперечном (1) и продольном (2) направлениях

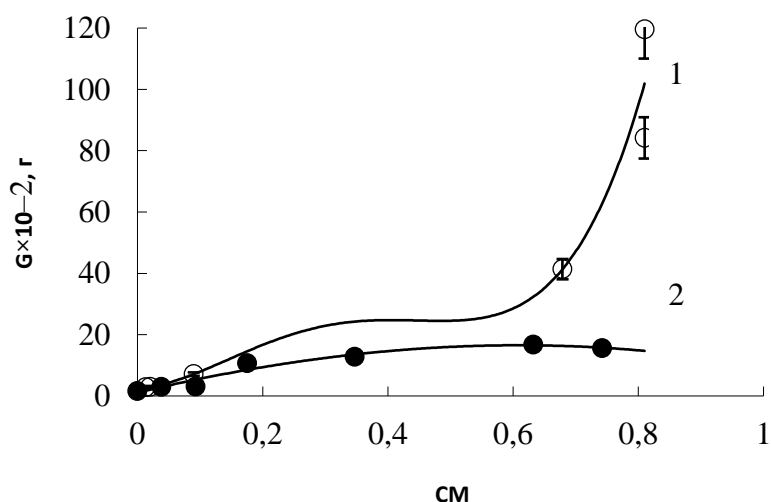


Рис. 3. Зависимости жесткости нетканых материалов из полиацетальных волокон от степени пропитки водной дисперсией полиуретана в поперечном (1) и продольном (2) направлениях

Анизотропия показателя жесткости для образцов нетканых материалов, вырезанных вдоль и поперек направления их формирования, с большой степенью вероятности, является следствием преимущественной ориентации волокон в поперечном направлении при их получении механическим способом формирования волокнистого холста [3].

Преимущественная ориентация волокон в поперечном направлении приводит к уменьшению расстояния между ними, что способствует формированию стяжек из полимера, соединяющих волокна и ограничивающих их подвижность при изгибе в ходе проведения испытаний. Это приводит к повышению жесткости образцов с увеличением степени пропитки

Для образцов, вырезанных в продольном направлении, вследствие большого расстояния между волокнами, имеют место лишь точечные контакты между ними и полимерным связующим без образования стяжек, что приводит к незначительному повышению жесткости даже при высокой степени пропитки.

Из приведенных кривых, очевидно, что в наибольшей степени жесткость при изгибе увеличивается у образцов из гидрофильных полиацетальных волокон, что объясняется их гидрофильной природой и большим химическим сродством к водной дисперсии полиуретана.

ЛИТЕРАТУРА

1. O. V. Startsev, A. A. Kovalenko, A. D. Nasonov Anisotropy of torsional rigidity of sheet polymer composite materials//Mechanics of Composite Materials. 1999. V. 35. №3. P.201–212
2. T. Budiman, F. Adziman, P. Sambegoro, I. Nurprasetio, R. Ilhamsyah, M. Aziz Role of Interfacial Rigidity to Crack Propagation Path in Fiber Reinforced Polymer Composite//Fibers and Polymers. 2018. V.19. №9. P.1980–1988
3. M. Hriberšek, S. Kulovec Thermal and durability characterization of polyacetal and polyamide gear pairs//J. Mechanical Sci. and Technol. 2021. V.35. №4. P.3389–3394

**ПОЛУЧЕНИЕ КОМПЛЕКСОВ β -ЦИКЛОДЕКСТРИН-СЕРЕБРО
В РАСТВОРЕ И НА ВОЛОКНЕ**

**OBTAINING β -CYCLODEXTRIN-SILVER COMPLEXES
IN SOLUTION AND ON FIBER**

З.А. Константинова, А.А. Соловьева, А.А. Токарева, Е.Л. Владимирцева
Z.A. Konstantinova, A.A. Solovyova, A.A. Tokareva, E.L. Vladimirtseva

Ивановский государственный химико-технологический университет
Ivanovo State University of Chemistry and Technology
E-mail: zaira.askhabovna@mail.ru

В работе рассматривается возможность получения комплексов β -циклодекстрин-серебро, для дальнейшего закрепления полученного препарата на волокне. Для оценки эффективности включения наночастиц серебра в полость β -циклодекстрина (β D) и гидроксипропил- β -циклодекстрина (HP β CD) применяли спектрофотометрический метод в видимой и УФ-областях. Согласно полученным данным, комплексы включения с HP β CD фиксируются на целлюлозном волокне прочнее, чем комплексы с β CD.

Ключевые слова: циклодекстрин, наночастицы серебра, спектрофотометрический метод.

The work considers the possibility of obtaining β -cyclodextrin-silver complexes for further fixation of the resulting drug on the fiber. Visible-UV spectrophotometric method was used to evaluate the incorporation efficiency of silver nanoparticles into the cavity of β -cyclodextrin (β CD) and hydroxypropyl- β -cyclodextrin (HP β CD). According to the data obtained, inclusion complexes with HP β CD are fixed on cellulose fiber more firmly than complexes with β CD.

Keywords: cyclodextrin, silver nanoparticles, spectrophotometric method.

В настоящее время существует огромное количество способов получения текстильных материалов с бактерицидными свойствами. Наиболее часто встречаются работы, в которых упоминаются бактерицидные препараты на основе частиц металлов (серебро, медь, золото, палладий), натуральные препараты на основе терпиноидов, лектинов и полипептидо, флавоноидов, хинонов, дубильных веществ, кумаринов, которые извлекаются из трав и растений [1-4].

Наибольший интерес представляет серебро со своими уникальными свойствами. Оно обладает более мощным антимикробным эффектом, чем пенициллин, биомицин и другие антибиотики, и оказывает губительное действие на антибиотикорезистентные штаммы бактерий [5].

В работе был использован готовый препарат «Silver», который разработан на кафедре химической технологии волокнистых материалов Ивановского государственного химико-технологического университета, содержащий до 60% концентрата стабилизированных частиц серебра [6,7].

Целью исследования является получение комплекса циклодекстрин-серебро в растворе и его дальнейшее закрепление на текстильном материале.

Благодаря своему особому строению циклодекстрины (CD) могут выступать в роли комплексообразователя, образуя соединения типа «гость»-«хозяин». По химической природе циклодекстрины представляют собой макроциклические олигосахариды [8]. Различают природные циклодекстрины трех типов: α , β и γ -циклодекстрин, которые содержат шесть, семь или восемь глюкопиранозидных единиц соответственно [9]. Самый доступный, относительно дешёвый и, как правило, наиболее эффективный в использовании среди трёх форм – β -циклодекстрин (β CD). Введение заместителей изменяет физико-химические свойства самого β CD, значительно повышая его растворимость, а также влияет на стабильность его комплексов, поскольку новая функциональная группа может образовывать дополнительные

связи с молекулой «гостя». Среди всех производных β СВ наиболее широкое применение в медицине имеет 2-гидроксипропил β -циклодекстрин (HP β CD). HP β CD обладает высокой растворимостью в воде (больше 600 мг/мл), способен образовывать стабильные комплексы включения с широким спектром лекарственных препаратов [10].

Для регистрации образования комплекса активного вещества с CD в растворе использовали метод абсорбционной спектроскопии (200-360 нм). На рисунке 1 в качестве примера представлены спектры поглощения индивидуального препарата «Silver» и в сочетании его с HP β CD. Образование клатратов из HP β CD и молекул препарата снижает его концентрацию в растворе, о чем свидетельствует сглаживание полосы в спектре поглощения при 230-250 нм. Полоса в этой области характерна для полигуанидина — одного из компонентов препарата «Silver». (Рис. 1)

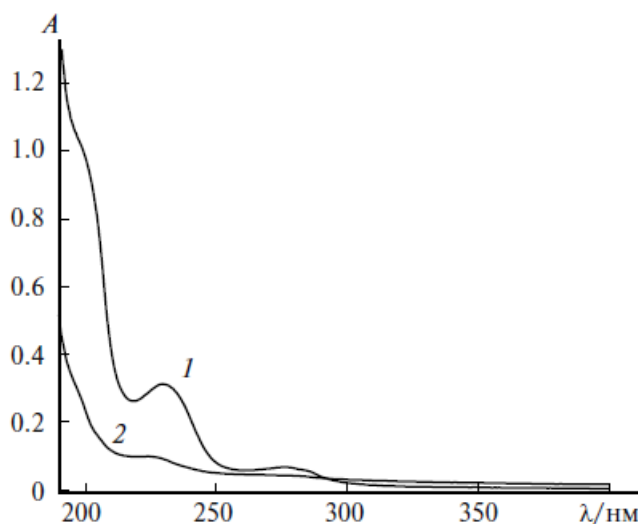


Рис. 1. Абсорбционные спектры раствора препарата «Silver» (1) и «Silver» с добавлением гидроксипропил- β -циклодекстрина (2)

Таким образом, было доказано образование соединения «гость»-«хозяин», в котором «хозяином» является CD, а «гостем» наночастицы серебра в жидкой среде. Перенос его на волокнистый материал осуществлялся методом пропитки с последующей температурной обработкой в жидкой среде. В экспериментах использовался отбеленный хлопчатобумажный материал с поверхностной плотностью 140 г/м².

Поскольку после обработки соединениями серебра образцы текстильного материала приобретают желто-коричневый цвет, анализ прочности иммобилизации комплекса с CD на волокне осуществляем методом фотоколориметрии. На спектрофотометре модели YS 3010 в области длин волн от 400 до 700 нм (видимого света) были получены спектры отражения от обработанного материала как сразу после нанесения состава на волокно, так и после проведения однократной промывки по режиму стирки №1 по ГОСТ 9733.4-91 (рисунок 2).

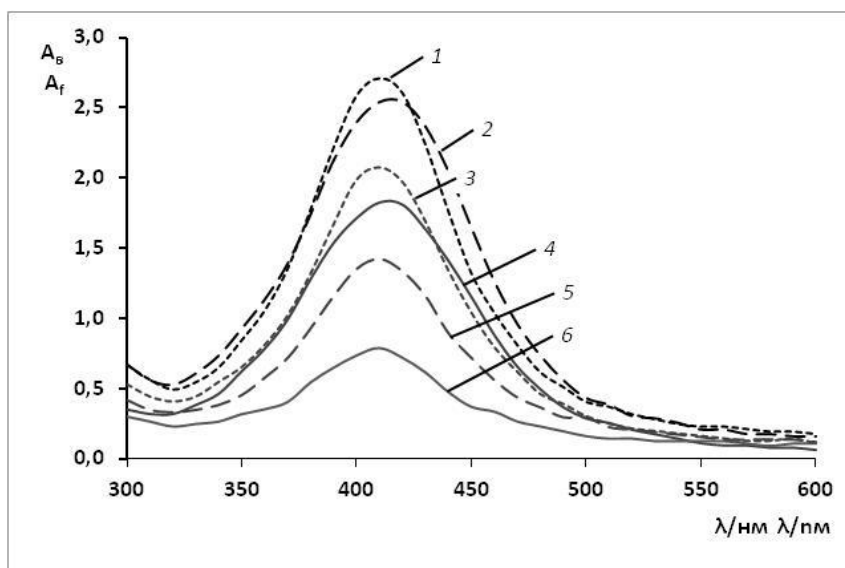


Рис. 2. Спектры поглощения препарата «Silver» на целлюлозном волокне: до промывки – 1) с НРβCD (1:1); 2) с βCD (1:1); 4) без CD; после промывки – 3) с НРβCD (1:1); 5) с βCD (1:1); 6) без CD

На рисунке 2 представлены спектры поглощения в видимой области исходного препарата «Silver» на целлюлозном волокнистом материале (кривые 1 и 4), препарата «Silver» в присутствии НРβCD (кривые 2 и 5) и препарата «Silver» в присутствии βCD (кривые 3 и 6) до и после промывки соответственно. Они отражают эффективность взаимодействия комплексов CD с целлюлозным волокном.

Анализ спектров свидетельствует о высокой эффективности закрепления ионов серебра на волокне в присутствии соединений βCD и особенно НРβCD. При этом интенсивность поглощения выше на ткани, обработанной соединением с НРβCD, что характеризует устойчивость образовавшегося комплекса и прочное закрепление его на материале.

Работа выполнена в рамках Государственного задания на выполнение НИР, тема № FZZW-2023-0008 с использованием ресурсов Центра коллективного пользования научным оборудованием ИГХТУ (при поддержке Минобрнауки России, соглашение № 075-15-2021-671).

ЛИТЕРАТУРА

1. Kong M. Preparation and antibacterial activity of chitosan microspheres in a solid dispersing system // *Frontiers of Materials Science in China*. – 2008. V. 2. №. 2. P. 214-220.
2. Bach S. M. Antibacterial and cytotoxic activities of the sesquiterpene lactones cnicin and popordopicrin // *Natural product communications*. – 2011. V. 6. №. 2. P. 163-166.
3. Petnual P., Sangvanich P., Karnchanatat A. A lectin from the rhizomes of turmeric (*Curcuma longa* L.) and its antifungal, antibacterial, and α-glucosidase inhibitory activities // *Food Science and Biotechnology*. – 2010. V. 19. №. 4. P. 907-916.
4. Orhan D. D., et al. Antibacterial, antifungal, and antiviral activities of some flavonoids // *Microbiological research*. – 2010. V. 165. №. 6. P. 496-504.
5. El-Rafiea M.H., Ahmed Hanan B., Zahran M.K. Characterization of nanosilver coated cotton fabrics and evaluation of its antibacterial efficacy // *Carbohydrate Polymers*. – 2014. № 107. P. 174–181.
6. Петрова Л. С., Липина А. А., Зайцева А. О., Одинцова О. И. Использование наночастиц серебра для придания текстильным материалам бактерицидных свойств // *Изв. вузов. Технол. текст. пром-сти*. – 2018. № 6. 378. С. 105-109.

7. Petrova L., Kozlova O., Vladimirtseva E., Smirnova S., Lipina A., Odintsova O. Development of multifunctional coating of textile materials using silver microencapsulated compositions // *Coatings*. – 2021. № 2. 11. 159. P. 1-13.
8. Graciete Matioli, Moraes F.F., Zanin G.M. Ciclodextrinas e suas aplicacoes em: 688 Alimentos, fármacos, cosméticos, agricultura, biotecnologia, química analítica e produtos gerais // *Eduem – Editora 689 da UEM.*; 1st ed.; Eduem; ISBN 85-85545-46-1.
9. Das S. K. Cyclodextrins – the molecular container // *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. – 2013. Vol. 4. № 2. P. 1694–1720.
10. Скуредина А. А., Тычинина А. С., Ле-Дейген И. М., Белогурова Н. Г., Кудряшова Е. В. Регуляция свойств липидных мембран при взаимодействии с 2-гидроксипропил β-циклодекстрином. Молекулярные детали. // *Биоорганическая химия*. – 2020. Т. 46. №5. С. 505-516.

ОЦЕНКА ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТИТАНСОДЕРЖАЩИХ ЗОЛЕЙ В СОСТАВЕ САМООЧИЩАЮЩЕГОСЯ ПОКРЫТИЯ

ASSESSMENT OF PHOTOCATALYTIC PROPERTIES OF TITANIUM-CONTAINING SOLS IN A SELF-CLEANING COATING

Е.Д. Коробова, Н.В. Дащенко
E.D. Korobova, N.V. Dashchenko

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна
St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design
E-mail: elizaveta.korobova20@yandex.ru, dnv77@mail.ru

Представлены результаты исследований в области синтеза и применения наноразмерных золей на основе диоксида титана с целью формирования покрытий на текстильном материале с эффектами самоочистки поверхности от загрязнений.

Ключевые слова: наноразмерные частицы, золь-гель метод, диоксид титана, фотокаталитическая активность, текстильный материал, эффект самоочистки.

The results of research in the field of synthesis and application of nanosized sols based on titanium dioxide for the purpose of forming coatings on textile materials with the effects of self-cleaning the surface from contaminants are presented.

Keywords: nano-sized particles, sol-gel method, titanium dioxide, photocatalytic activity, textile material, self-cleaning effect

В настоящее время наноматериалы занимают особое место в современной науке и технологиях, открывая новые перспективы для различных областей применения. Одним из самых изучаемых и широко применяемых наноматериалов является диоксид титана TiO_2 . Помимо своей традиционной роли белого пигмента, диоксид титана, благодаря своим полупроводниковым свойствам, доступности и простоте синтеза, является одним из наиболее перспективных фотокатализаторов. Направление фотокатализа активно развивается и находит применение в медицине, фармацевтике, сенсорике, создании супергидрофильных стекол и самоочищающихся материалов [1]. В настоящее время особое внимание привлекают текстильные материалы с эффектом самоочистки. Благодаря этим свойствам использование таких тканей позволяет минимизировать расходы на стирку одежды, также они обладают грязеотталкивающими и антимикробными свойствами. Эффект самоочистки достигается за счёт нанесения на текстильные материалы наночастиц диоксида титана. Благодаря применению наночастиц диоксида титана в форме анатаза, обладающих фотокаталитической активностью, возможно создание покрытий, способных разлагать попадающие на них органические загрязнения (рис. 1).

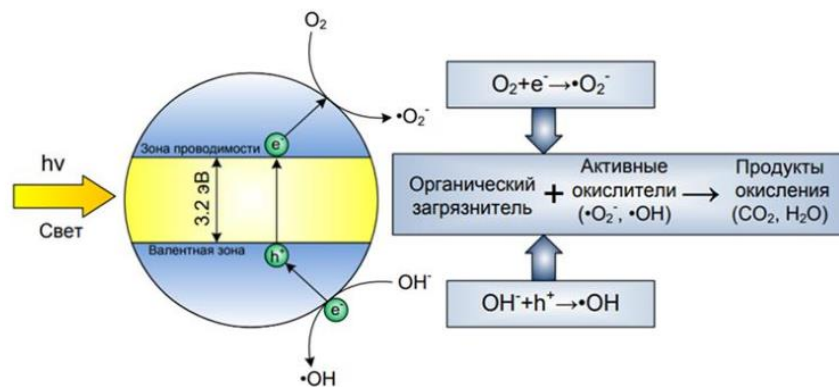


Рис. 1. Принципиальная схема фотокатализа на частице TiO_2

Наночастицы диоксида титана можно получать в составе интерференционных пигментов, в которых они находятся в наноразмерных слоях в кристаллической форме анатаза, и в форме титансодержащих золей. В настоящей работе был изучен золь-гель синтез титансодержащих золей и оценена их фотокаталитическая активность. Целью работы является получение специального покрытия на текстильных материалах с устойчивым эффектом самоочищения. Основными задачами работы являются:

- получение титансодержащих золей методом золь-гель синтеза;
- оценка фотокаталитической активности покрытия на основе титансодержащего золя;
- оценка устойчивости специального покрытия к многократным стиркам.

Одним из самых распространенных и простых методов синтеза наночастиц диоксида титана является золь-гель метод. Диоксид титана чаще всего получают, используя в качестве прекурсора соли четырехвалентного титана, например, тетрахлорид титана. Данный метод синтеза диоксида титана основан на способности солей титана подвергаться гидролизу и склонности продуктов гидролиза к полимеризации и образованию коллоидов. При окончательной полимеризации гидратированного вещества происходит потеря молекул растворителя (дегидратация) и формирование частиц диоксида титана. Данный метод синтеза является достаточно простым, не требует сложного оборудования и дорогостоящих реактивов, в качестве растворителя используется вода, температуры синтеза лежат в диапазоне 0-100 °С. Золь-гель метод позволяет получить диоксид титана с различной морфологией, физико-химическими свойствами и дисперсностью частиц [2].

Нанесение на ткани интерференционных пигментов на основе гибридных оксидов, ключевым элементом которых является TiO_2 , позволяет создать покрытие, которое обладает эффектом самоочищения. Наличие данного эффекта обусловлено протеканием фотокатализа и супергидрофильными свойствами диоксида титана. Облучение такого материала УФ-лучами или обработка водой позволяют быстро и эффективно удалить загрязнения различного происхождения. Например, многие органические загрязнения удаляются уже после 20 минут обработки ультрафиолетовыми лучами, такие загрязнения как чай, кофе, фруктовый сок полностью исчезают после 50 минут облучения. Сажа, почва и другие неорганические загрязнения удаляются за счет быстрого и полноценного стекания жидкости с поверхности самоочищающегося материала [3]. Схематично данный процесс представлен на рисунке 2.

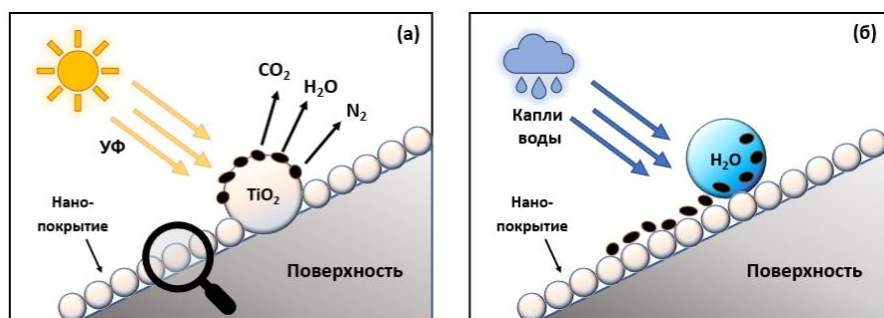


Рис. 2. Схема процесса удаления загрязнений на самоочищающихся покрытиях

Уникальность использования покрытия, содержащего интерференционные пигменты на основе гибридных оксидов, состоит в том, что оно может наноситься на ткани любого волокнистого состава, что позволяет расширить область применения данных материалов [4]. Ткани с эффектом самоочистки могут применяться для производства медицинских костюмов и изделий, специальной одежды, средств индивидуальной защиты, обивки сидений общественного транспорта, спортивного инвентаря и т.п. Однако, проведенные исследования показали, что при включении в состав покрытия на основе специальной композиции акрилового связующего происходит существенное снижение фотокаталитических свойств интерференционных пигментов [3]. Для устранения этого негативного эффекта возможно использовать для получения самоочищающегося покрытия титансодержащие золи, которые являются побочным продуктом при синтезе интерференционных пигментов, или могут быть получены как целевой продукт в золь-гель процессе.

Синтез золь диоксида титана проводили на установке, состоящей из химического стакана емкостью 1000 мл, мешалки, ртутного термометра, бюретки для прикапывания растворов прекурсоров и нагревательной плитки. Синтез золь TiO_2 проводили следующим образом. 500 мл дистиллированной воды нагревали до 80 °С. По достижению заданной температуры доводили рН раствора до 2,0 с помощью раствора 10%-й соляной кислоты, для поддержания показателя рН на заданном уровне в процессе синтеза использовали 10%-й раствор гидроксида натрия. Далее медленно по каплям прибавляли 10%-й спиртовой раствор $TiCl_4$ при постоянном перемешивании. По окончании введения $TiCl_4$ золь оставляли перемешиваться в течение 15 минут при температуре 80 °С, затем остужали и, с помощью 10%-го раствора NaOH, доводили рН до 8,0 и также выдерживали в течение 15 минут при перемешивании. Концентрации компонентов и наблюдения за результатами синтеза золь приведены в табл.1.

Таблица 1

Результаты синтеза золь TiO_2

№ п/п	Температура опыта, °С	Концентрация прекурсора $TiCl_4$, г/л	Наблюдения
1	20	0,2	Неконцентрированный золь
2	20	0,4	Неконцентрированный золь
3	20	0,6	Неконцентрированный золь
4	20	0,8	Неконцентрированный золь
5	50	0,2	Неконцентрированный золь
6	50	0,4	Неконцентрированный золь
7	50	0,6	Голубой золь
8	50	0,8	Опалесцирующий голубой золь
9	80	0,2	Неконцентрированный золь

10	80	0,4	Опалесцирующий голубой золь
11	80	0,6	Опалесцирующий голубой золь
12	80	0,8	Опалесцирующий голубой золь
13	100	0,2	Неконцентрированный золь
14	100	0,4	Опалесцирующий голубой золь
15	100	0,6	Образование желтого золя
16	100	0,8	Образование желтого золя

Фотокаталитическая активность зольей диоксида титана оценивается по степени разложения модельного красителя метиленового голубого (МГ). Для проведения эксперимента образец белой хлопчатобумажной ткани перкаль обрабатывается составом, содержащим синтезированный титансодержащий золь, предконденсат термореактивной смолы, трехосновную карбоновую кислоту до pH 5,5 и фторкарбоновую эмульсию, с последующей сушкой и термофиксацией. Полученный образец помещают в водный раствор метиленового голубого (20 г/л) с выдержкой в темноте до достижения сорбционного равновесия. Далее образец высушивается и облучается УФ-светом (ртутная лампа низкого давления УФО-2, мощность 125 Вт) в течение 240 минут с фиксацией изменения интенсивности окраски МГ через каждые 30 минут. Строят экспериментальные зависимости изменения окраски образца от времени облучения. По функции Гуревича-Кубелки-Мунка было определено значение интенсивности окраски каждого образца. По полученным данным строили зависимость изменения интенсивности окраски от времени облучения, данные графические зависимости приведены на рис. 3, а-г.

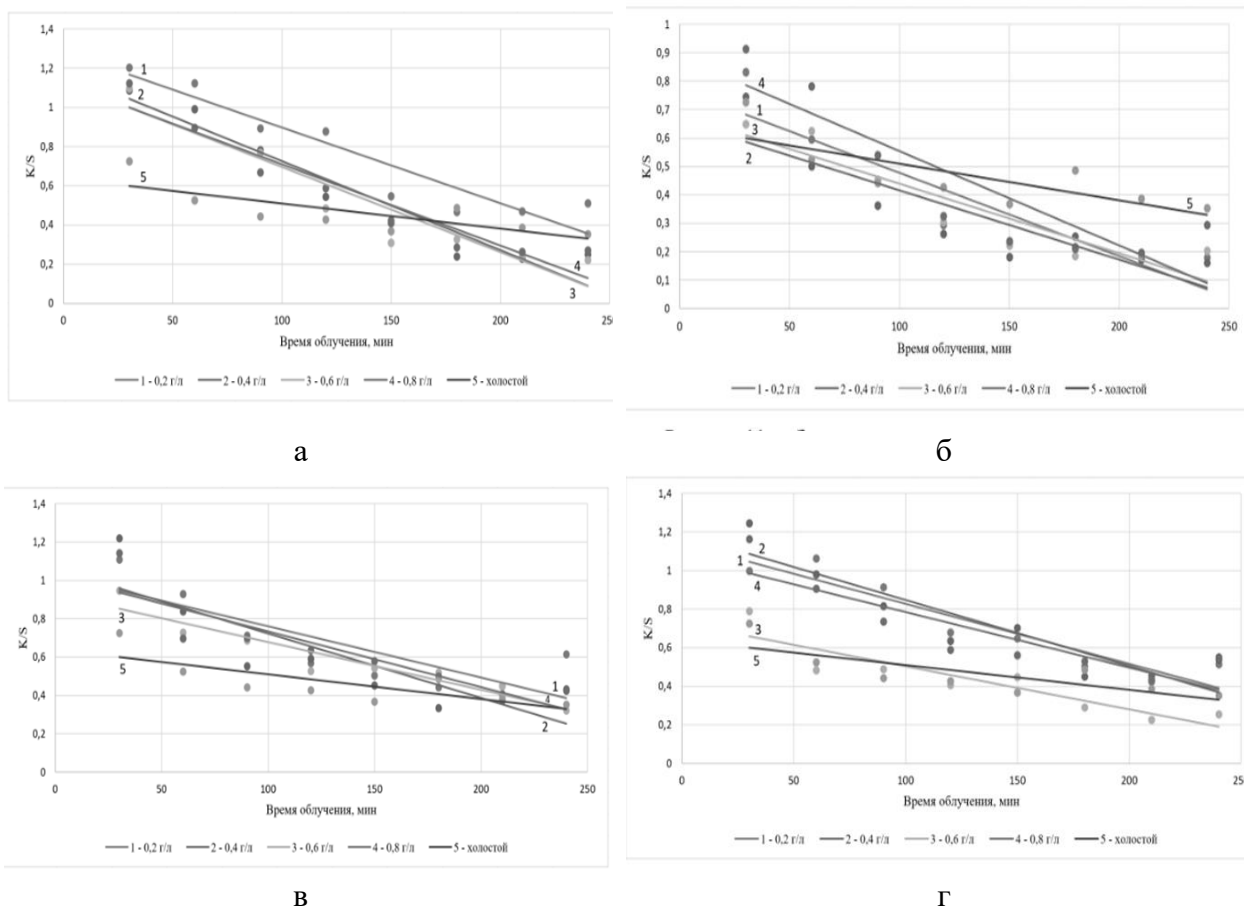


Рис. 3. Оценка фотокаталитических свойств титансодержащих зольей, полученных при температуре золь-гель процесса: а – 20 °С; б – 50 °С; в – 80 °С; г – 100 °С

Полученные экспериментальные данные показывают, что при повышенной температуре синтеза 100 °С образцы проявляют фотокаталитические свойства намного хуже. Исходя из данных графических зависимостей можно сделать вывод, что использование больших начальных концентраций титанового прекурсора не целесообразно, так соответствующие образцы проявляют ФК свойства заметно хуже, чем при низких концентрациях прекурсора. Полученные данные позволяют сделать вывод о том, что оптимальными условиями для получения титансодержащих золь является низкая температура гидролиза 20 – 50 °С и небольшая концентрация прекурсора титана (0,2 – 0,4 г/л). На основании проведенных исследований выбраны оптимальные условия для получения титансодержащих золь, обладающих высокими фотокаталитическими свойствами.

Для оценки устойчивости самоочищающегося покрытия на основе титансодержащего золя к стирке проводили 5 последовательных циклов стирка – сушка в соответствии с ГОСТ ISO 105-S10-2014. Образцы хлопчатобумажной ткани перкаль обрабатывали составами, рецептура которых приведена в табл.2. После сушки и термофиксации образцы помещали в раствор МГ до достижения сорбционного равновесия, и дальнейшие испытания проводили по методике, приведенной выше.

Таблица 2

Рецептура раствора для проведения оценки фотокаталитических свойств

Образец	Концентрация компонентов раствора, г/л		
	Предконденсат терморезактивной смолы	Фторкарбонный полимер	Титансодержащий золь
1	20	20	До 1000
2	50	20	
3	70	20	
4	20	40	
5	50	40	
6	70	40	
7	20	60	
8	50	60	
9	70	60	
10 (холостой)	0	70	0

На рис. 4 представлены значения коэффициента отражения по функции ГКМ на 10 образцах до (а) и после (б) 5 циклов стирки.

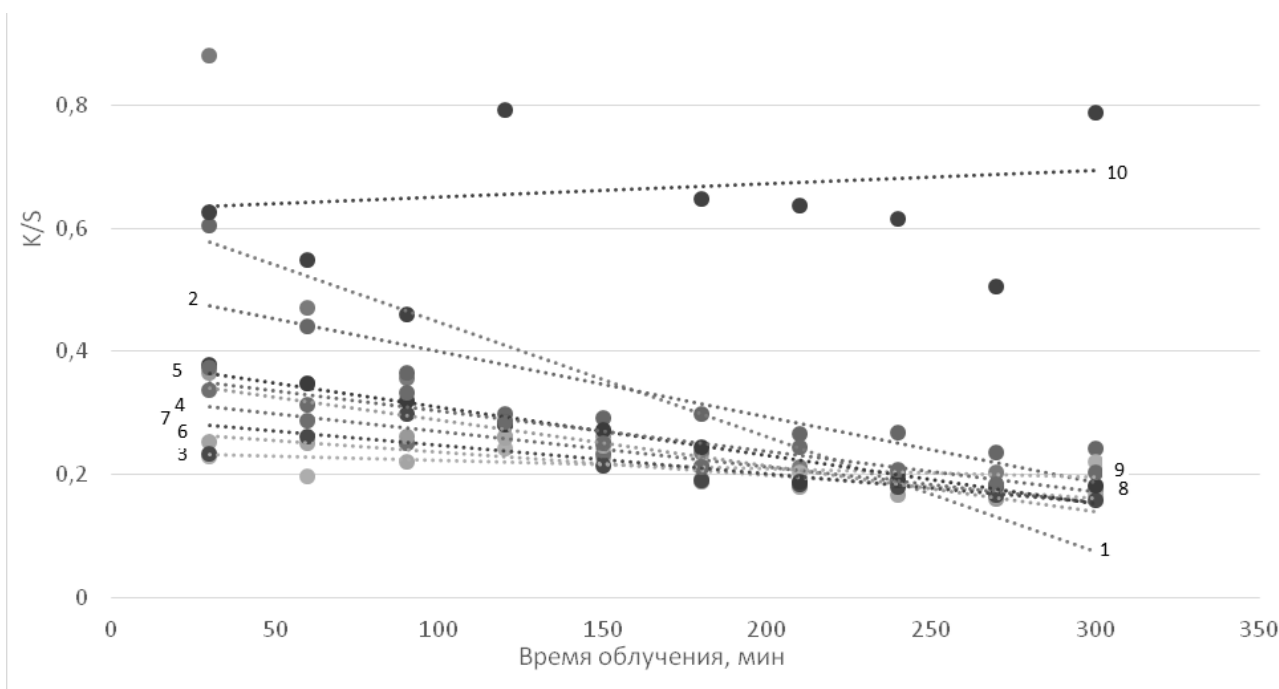


Рис. 4,а. Эффективность фотокаталитического разложения МГ титансодержащими золями

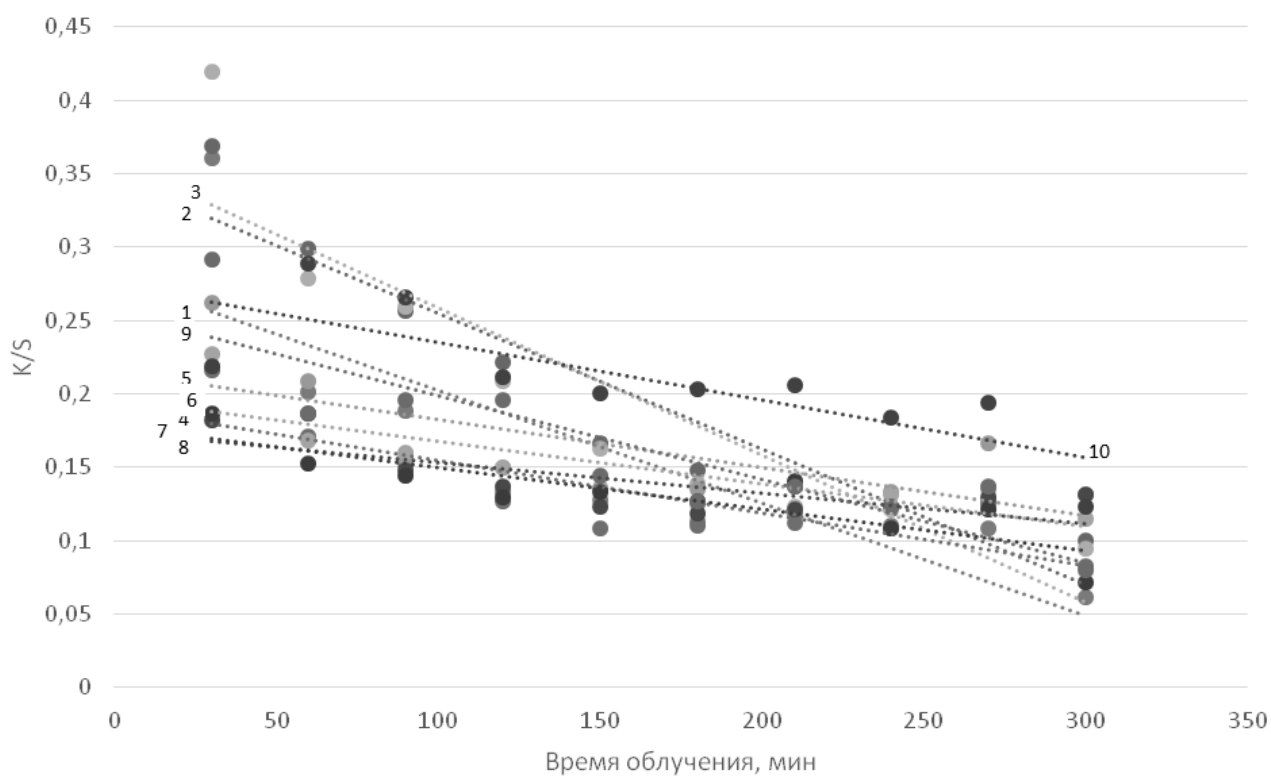


Рис.4,б. Эффективность фотокаталитического разложения МГ титансодержащими золями после 5 стирок

По полученным на рис. 4,а данным, был сделан вывод, что самую высокую степень фотодеструкции красителя МГ показывает первый образец, следовательно, при увеличении концентрации предконденсата терморезактивной смолы снижается фотокаталитическая активность золя титана. Также можно сделать вывод, что покрытие с титансодержащим золем препятствует пожелтению других компонентов покрытия под действием УФ-излучения, таким образом проявляется экранирующий эффект TiO_2 . Представленные на рис. 4,б экспериментальные данные свидетельствуют о том, что специальное покрытие на основе

титансодержащего золя, предконденсата терморезактивной смолы и фторкарбонного полимера устойчиво к 5 циклам стирки.

Выводы:

1. Для получения специального самоочищающегося покрытия на текстильных материалах были синтезированы титансодержащие золи, полученные золь-гель методом при разных температурах процесса. Для прочного закрепления наночастиц титансодержащих золь-гелей на поверхности и межволоконном пространстве текстильных материалов использовали композицию из предконденсата терморезактивной смолы и фторуглеродного препарата для водо-маслоотталкивающей отделки.

2. Оценка фотокаталитических свойств покрытий на основе титансодержащих золь-гелей показала высокую скорость фотоокисления модельного органического красителя метиленового голубого (МГ). Полученное покрытие устойчиво к пяти последовательным стиркам, поскольку не наблюдается снижение скорости фотоокислительной деструкции МГ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кричевский Г.Е. Нано-, био-, химические технологии в производстве нового поколения волокон, текстиля и одежды.- М.: 2011.– 528 с.
2. Костин, А. С. Математическое моделирование и оптимизация процесса получения наночастиц диоксида титана золь-гель методом / А.С. Костин // –М: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2015. – 169 с.
3. А.М. Киселев, Н.В. Дащенко. Нанотехнологии в индустрии текстиля //Вестник СПГУТД. №1, 2020. С. 89-103.
4. Жук Л.А., Дащенко Н.В., Киселев А.М., Одинцова О.И. Синтез и применение наноразмерных интерференционных пигментов для колорирования и защиты текстильных материалов от загрязнений // Российский химический журнал, 2019, т. LXIII, #2, С. 3-9 DOI: 10.6060/rj.2019632.1 [L. A. Zhuk , N. V. Dashchenko, A. M. Kiselev, O. I. Odintsova. Synthesis and Application of Nanoscale Interference Pigments for Coloring and Protection of Textile Materials from Contamination// Russian Journal of General Chemistry, 2021, Vol. 91, No. 3, pp. 1–6].

**МЕТОДИКА ПОДГОТОВКИ ОБУЧАЮЩЕЙ ВЫБОРКИ ДЕФЕКТОВ
ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ СИСТЕМЫ
ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА**

**METHODOLOGY FOR PREPARING A TRAINING SAMPLE OF TEXTILE DEFECTS
FOR THE SYSTEM ARTIFICIAL INTELLIGENCE**

Е.А. Корягина, Д.А. Мирошниченко, И.С. Барабанщикова
E.A. Koryagina, D.A. Miroshnichenko, I.S. Barabanshikova

Ивановский государственный политехнический университет
Ivanovo State Polytechnic University
E-mail: tlp_pti@ivgpu.ru

В статье рассмотрен принцип формирования обучающего набора данных для поиска дефектов текстильных материалов при помощи искусственного интеллекта. Представлена методика разметки дефектов на фотографиях при помощи специализированной web-платформы. Определены дефекты, идентификация которых может осуществляться программными методами.

Ключевые слова: разметка данных, легкая промышленность, искусственный интеллект, поиск дефектов.

The article considers the principle of forming a training data set for searching for defects in textile materials using artificial intelligence. The technique of marking defects in photographs using a specialized web platform is presented. Defects have been identified, the identification of which can be carried out by software methods.

Keywords: data markup, light industry, artificial intelligence, defect search.

В настоящее время на предприятиях легкой промышленности определение сортности и выявление брака текстильных материалов является одним из наименее автоматизированных и компьютеризированных этапов технологической цепочки [1].

В целях повышения качества продукции при минимальных затратах человеческого труда следует решить задачу создания автоматической системы обнаружения дефектов, которая бы являлась частью автоматической системы управления технологическим процессом. Это позволит при своевременном анализе потока дефектов текстильных материалов и сырья значительно повысить эффективность всего текстильного комплекса [2].

Одним из возможных вариантов для этого является использование современных IT-технологий в области программно-аппаратных средств вычислительной техники и средств машинного зрения. Авторами решается научно-техническая проблема по разработке методики мультизадачного обучения нейросети, а также ее дальнейшей реализации путем создания программно-аппаратного комплекса для обнаружения и распознавания дефектов на движущихся рулонных материалах с различным видом оформления поверхностей [3].

Как известно, для обучения нейросети требуется формирование полного набора данных [4, 5]. Целью данного исследования являлось формирование обучающей базы фотографий образцов текстильных полотен с дефектами и их общепринятыми названиями, описанием, разметкой и классификацией.

Для достижения вышеуказанной цели были поставлены и выполнены следующие задачи:

- проанализированы виды дефектов, характерные для каждого этапа текстильного производства, выявлены требования и особенности, которые могут оказывать влияние на процесс распознавания дефектов;
- собраны и подготовлены данные для обучения и тестирования нейросети на основе фотографий с размеченными дефектами и областью интересов;

- определены дополнительные характеристики дефектов текстильных материалов для повышения точности их обнаружения и классификации.

Для определения правильных названий и описания дефектов текстильных материалов за основу взят ГОСТ № 25506-82 («Полотна текстильные. Термины и определения пороков.») [6], в котором представлены основные термины и определения дефектов.

Проведено исследование дефектов тканей, полученных с различных предприятий, выпускающих текстильную продукцию различного сырьевого состава и назначения: ООО «Ивмашторг» (г. Тейково, Ивановская обл.), ООО «Ивановский Меланжевый комбинат» (г. Иваново), ООО «Текстильная компания ТДЛ» (г. Иваново), ООО «Русский дом» (г. Иваново), ООО «Шуйские ситцы» (г. Шуя, Ивановская обл.), ООО «Родники-Текстиль» (г. Родники, Ивановская обл.), ООО «Самойловский текстиль» (г. Иваново), ООО «Синтекс» (г. Тверь).

Разрабатываемая система по распознаванию дефектов на движущихся рулонных материалах предполагает не только обнаружение дефекта ткани, но и определение его названия и вида технологического процесса, на котором он может возникать. Для этого создана классификация дефектов тканых материалов, подробное описание которой изложено в работе [7]. В разработанной классификации заложены три вида производственных процессов (ткачество; отделка, без процесса печати и печать), отдельно вынесены дефекты, возникающие из-за некачественно подготовленного сырья и дефекты, появление которых может происходить на любом этапе изготовления материала. Таким образом, общее количество дефектов, заложенных в базу насчитывает 86 видов, из которых: дефектов сырья – 21; дефектов отделочного производства – 20; дефектов ткачества – 20; дефектов печати – 15; дефектов, возникающих на различных этапах текстильного производства – 10. Из них 18 дефектов допустимых в материале 1 и 2 сорта, 42 дефекта допустимых в материале 2 сорта и 26 недопустимых дефектов.

Для осуществления главной задачи, а именно, заполнения размеченными образцами базы данных для дальнейшего обучения нейросети поиску и классификации браков на ткани, была выбрана специализированная платформа Supervisely, предоставляющая расширенный интерфейс аннотирования, а также обеспечивающая весь процесс обучения компьютерного зрения [8]. Обучающей выборкой стал комплект из 4000 фотографий текстильных материалов различного состава и строения, имеющих на поверхности дефекты. Процесс разметки дефектов является весьма трудоемким, особенно при выявлении дефектов, имеющих малые размеры (узлы, засоренность), а также при определении дефектов, имеющих размытые границы (разнооттеночность, муар). Для удобства выявления таких дефектов на платформе разметки предусмотрено деление изображения на фрагменты. В нашем случае для фотографий размером 2048 x 2048 пикселей, изображение было раскадрировано на шестнадцать частей, как представлено на рисунке 1.

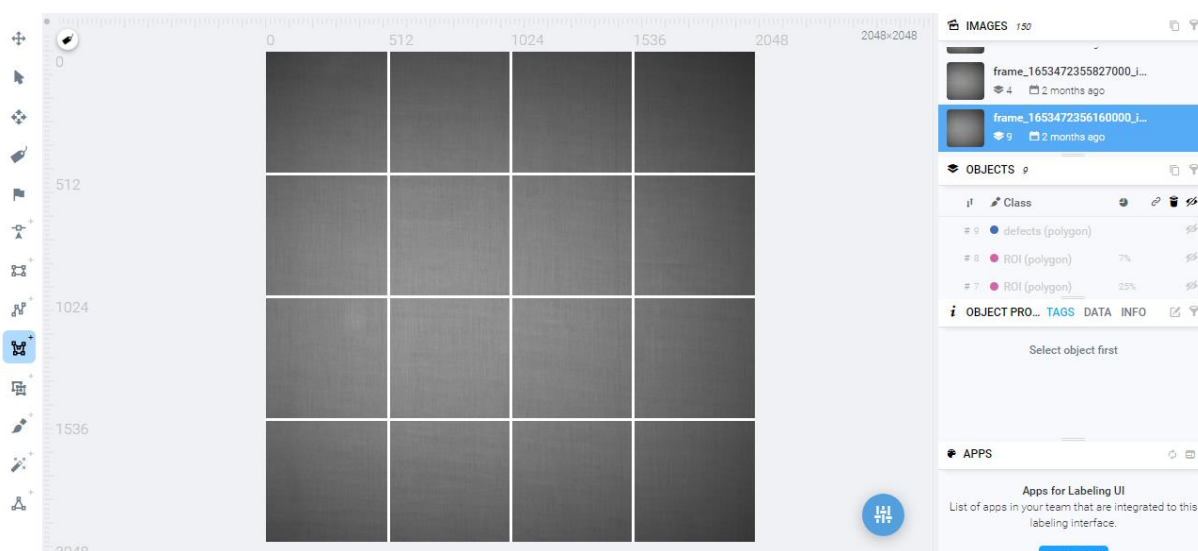


Рис. 1. Изображение участка ткани, загруженное на платформу разметки

Разметка дефектов осуществлялась при помощи встроенного инструмента «Polygon», суть которого заключается в расстановке точек полигона по границам дефекта. При этом важно учитывать, что малое количество точек, проставленных вокруг дефекта, обрезало его границы на протяженных участках. Большое количество точек наоборот заставляло платформу разметки слишком точно просчитывать границы полигона, что значительно тормозило работу всей системы. Оптимальное количество точек было определено опытным путем и равно 20, что представлено на рисунке 2-а. Далее каждому дефекту присваивался тег (маркировка), в котором указывалось, к какой группе он относится, в соответствии с разработанной классификацией (рисунок 2-б).

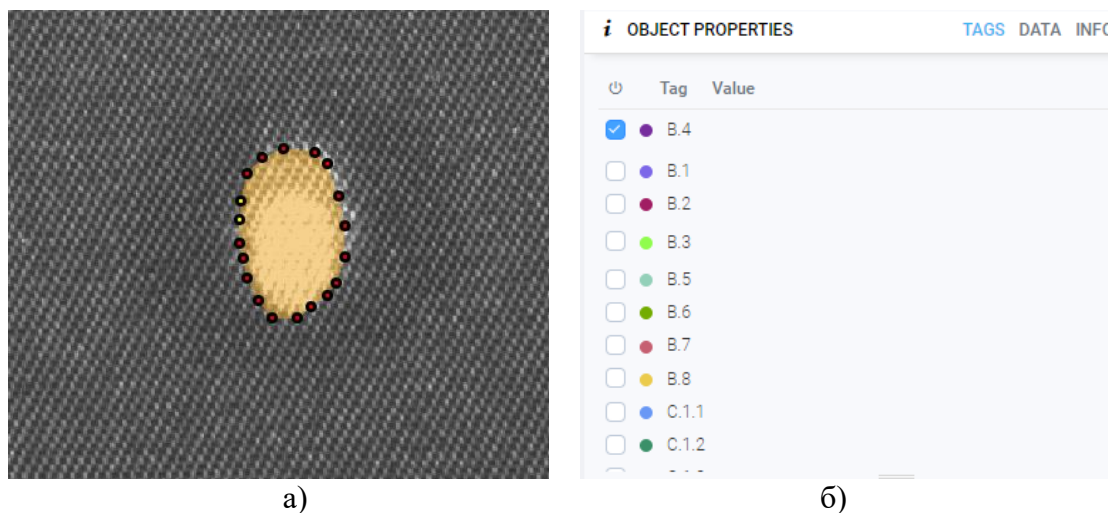

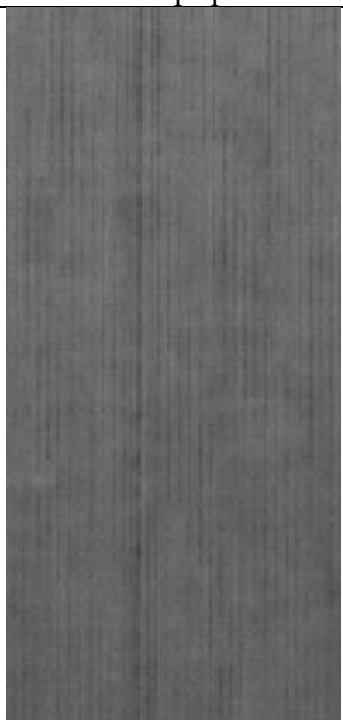


Рис. 2. Разметка дефекта «Пятно»: а) расстановка точек полигона; б) выбор класса дефекта

При исследовании структур текстильных материалов были определены способы их обнаружения на поверхности материала с учетом уже размеченных дефектов. Так для дефекта «Мушковатость» определено, что он будет рассчитываться программно на основе дефекта «Узел». Для этого в программе будет заложен алгоритм расчета количества узлов на участке 10 см^2 . При наличии на этом участке более 5 узлов, программа будет выдавать дефект «Мушковатость». Обусловлено это тем, что на изображении эти дефекты имеют одинаковое визуальное отображение.

Для дефекта «Перекося» установлено, что его необходимо определять по всей ширине ткани от левой до правой кромки. При этом все камеры должны быть точно синхронизированы при отсчете положения нити в материале.

При исследовании структур определено однозначное расположение дефектов в материале. Это будет заложено в работу программно-аппаратного комплекса для повышения точности определения класса и вида дефекта. Пример такого описания для дефекта «Близна Т.1.1» представлен в таблице 1.

Положение дефекта в материале	
Описание / направление	Фотография
<p>Отсутствие одной или нескольких нитей основы</p> 	

Таким образом, в ходе проделанной работы была проведена разметка обучающего набора данных [9] для системы искусственного интеллекта, позволяющего определять и классифицировать дефекты текстильных материалов. Для расширения возможностей обучающей выборки предложены методы программного вычисления дефектов текстильных материалов на основе других дефектов. Исследовано расположение дефектов на поверхности текстильных материалов, что будет положено в основу работы системы распознавания дефектов и тем самым ускорит процесс принятия решений при их классификации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ивановский В.А. Дистанционное обнаружение дефектов ткани / Известия вузов. Технология текстильной промышленности, 5(326), с. 124-126, 2010.
2. Silvestre-Blanes J., Alberó-Alberó T., Miralles I., Pérez-Llorens R., Moreno J. A public fabric database for defect detection methods and results. *Autex Research Journal*, 19 (4), 363-374, 2019.
3. Miroshnichenko D., Kareva T., Tolubeeva G., Abramov A., Lodyshkin A. Program for visual representation of defects in the appearance of textile materials with different types of surface design // *AIP Conference Proceedings – 2022*, V.2430 , 020008 (2022). <https://doi.org/10.1063/5.0076951>
4. Карева Т.Ю., Мирошниченко Д.А., Толубеева Г.И., Болсуновская М.В., Бойков А.В., Лодышкин А.В. Поиск путей совершенствования цифрового представления текстильных материалов с целью обнаружения дефектов / Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2022. № 2 (398). С. 104-108.
5. Мирошниченко Д.А., Карева Т.Ю. Разработка базы дефектов внешнего вида тканых материалов для обучения нейронной сети // *Наука - Технологии - Производство. Тезисы докладов Международной научно-технической конференции, посвященной инновационному развитию текстильной и легкой промышленности. Санкт-Петербург, 2021. С. 44-45.*
6. ГОСТ 25506-82. Плотна текстильные. Термины и определения пороков. – Введ. 1984-01-01. – Гос. Комитет СССР по стандартам, 1984. - 7 с.
7. Мирошниченко Д.А., Лобанова М.С., Карева Т.Ю. Разработка классификации дефектов текстильных материалов // *Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX). 2021. № 1. С. 270-274.*

8. Supervisely. Platform for computer vision [Electronic resource]: – Mode of access: <https://supervisely.com/> – Date of access: 10.09.2023.
9. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2022620050 База образцов дефектов текстильных материалов / Мирошниченко Д.А., Карева Т.Ю., Лодышкин А.В. Дата государственной регистрации 11.01.2022.

АНАЛИЗ НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ НА ПОЛОТЕНЦА МАХРОВЫЕ

ANALYSIS OF REGULATORY AND TECHNICAL DOCUMENTATION FOR TERRY TOWELS

А.В. Котыгин, М. А. Стасева

A.V. Kotygin, M.A. Stasheva

Ивановский государственный политехнический университет

Ivanovo State Polytechnic University

E-mail: sashakotygin@mail.ru, marinastasheva@mail.ru

В настоящее время на рынке изделий домашнего текстиля широко представлены изделия из махровых полотен, в частности, полотенца. Производители должны выполнять требования нормативно-технической документации для достижения определенного уровня качества и безопасности продукции. В работе проанализированы требования документов различного уровня к махровым полотенцам разного состава.

Ключевые слова: махровые полотенца, показатели качества, нормативно-техническая документация, анализ.

Currently, products made from terry cloth, in particular, towels, are widely represented on the home textile market. Manufacturers must comply with the requirements of regulatory and technical documentation to achieve a certain level of product quality and safety. The work analyzes the requirements of documents of various levels for terry towels of different compositions.

Keywords: terry towels, quality indicators, normative and technical documentation, analysis.

В настоящее время на рынке изделий домашнего текстиля широко представлены изделия из махровых полотен, в частности, полотенца [1]. В отличие от гладких и вафельных полотенец, махровые отличаются повышенными потребительскими характеристиками: более мягкие, приятные по тактильным ощущениям, лучше впитывают воду [2].

Ассортимент махровых полотенец широк. Так, по составу они могут быть из натуральных материалов (хлопок, лен), искусственных (вискозные, в том числе бамбуковые), а также смесовые (с вложением полиэфира).

По назначению они могут быть банными, кухонными, для лица, рук, ног, детские, массажные, пляжные. Эстетическое оформление разнообразно и зависит от назначения. Например, в детских полотенцах преобладают традиционная голубая и розовая гамма (соответственно для мальчиков и девочек), а также с соответствующими изображениями игрушек (мишки, зайчики), мультипликационных героев. Личные полотенца часто однотонные или с цветной каймой, нередко с вышивками (например, имена). Пляжные полотенца обычно имеют специфический «морской» рисунок (рыбы, берег и пр.). Кроме этого, полотенца отличаются размерами: от небольших 30x50 см до значительных 150x100 см, что, несомненно, влияет на стоимость [3-8].

Кроме обеспечения привлекательного внешнего вида, производители должны выполнять требования нормативно-технической документации (НТД) для достижения определенного уровня качества и безопасности. В работе проанализированы требования НТД [9-12]. Результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1

Требования нормативно-технической документации к полотенцам махровым

Показатель	Применяемость показателя в нормативном документе			
	ТР ТС 017/2011	ГОСТ 11027- 2014	ГОСТ 10524- 2014	ПНСТ 258- 2017
Водопоглощение, %, не менее	80 (для льняных) 300 (для х/б и смешанных махровых)	300	80	300
Капиллярность, мм, не менее	80 (для х/б и смешанных)	80	-	100
Уровень напряженности электрического поля на поверхности изделия, кВ/м, не более	15	-	15	15
Содержание формальдегида, мкг/г, не более	75	75	ГОСТ 30386/ГОСТ Р 50729	
Индекс токсичности	70-120	-	70-120	
Интенсивность запаха, баллы, не более	2	-	2	отсутствует
Устойчивость окраски, баллы, не менее	3	По ГОСТ 7913	3	
Художественно-эстетические показатели	-	По образцу-эталону	По образцу-эталону	
Линейные размеры	-	По техническому описанию	По техническому описанию	
Допускаемые отклонения по поверхностной плотности, %, не более	-	10	10	10
Допускаемые отклонения по числу нитей на 10 см, %, не более (по основе/по утку)	-	3/4	2/3	3/4
Ширина шва при обработке краев, см, не более	-	По техническому описанию	0,8	0,6-1,5
Число стежков на 10 см, не менее	-	25	20	25
Разрывная нагрузка полоски ткани размерами 50x200 мм, Н, не менее (по основе/по утку)	-	157/130	176/294	176/235
Прочность закрепления петли, сН, не менее	-	49,05	49,0	49,05
Белизна, %, не менее	-	75	75	75
Содержание свободного хлора	-	Не допускается	Не допускается	Не допускается
Содержание химических волокон, %, не более	-	-	10	0

Полотенца попадают под обязательные требования технического регламента [9] по таким показателям как, водопоглощение, капиллярность, содержание формальдегида, уровень напряженности электрического поля на поверхности изделия, интенсивность запаха, индекс токсичности и устойчивость окраски. Значение показателей зависит от состава (хлопок, лен, смешанные) и вида воздействия при определении устойчивости окраски (к трению, поту, воде). Без подтверждения выполнения требования технического регламента невозможно реализовать товар на рынке, поэтому производители обязаны выполнять эти требования.

Требования межгосударственных стандартов [10-11] шире, так как они включают еще технологические и потребительские характеристики, такие как линейные размеры, художественно-колористическое оформление, ширина шва, число стежков, разрывная нагрузка и прочность закрепления петли. Различие в количественных значениях показателей зависят от состава (у хлопковых выше требования к водопоглощению, а у льняных – к разрывной нагрузке). Некоторые характеристики, такие как поверхностная плотность, число нитей на 10 см, нормируются только внутренними документами предприятия (техническими условиями и техническими описаниями), что позволяет получить широкое разнообразие видов и артикулов продукции.

Следует отметить, что в период с 2017 по 2020 гг. действовал предварительный национальный стандарт [12] на оценку потребительских характеристик махровых полотенец. В большинстве показателей он дублировал значения требований к показателям качества. В ряде показателей (капиллярность, разрывная нагрузка) требования даже были выше, чем у межгосударственных стандартов. Однако, в настоящее время предварительный стандарт отменен, так как период его действия составлял три года, а взамен него национальный стандарт пока не введен в действие. Также важно отметить, что предварительный стандарт предусматривал волокнистый состав полотенца как 100 % хлопка, ни лен, ни смеси волокон не подразумевал. Поэтому его рассмотрели в ознакомительных целях.

В результате следует отметить, что целесообразно на махровые полотенца разработать национальный или межгосударственный стандарт, который бы мог объединить требования к махровым полотенцам разного состава и назначения, в соответствии со сложившимся на рынке ассортиментом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фомченкова Л.Н. Домашний текстиль на отечественном рынке / Л. Н. Фомченкова // Текстильная промышленность. – 2008. – № 3. – С. 46-51.
2. Ермилова И. А. Товароведение текстильных товаров: учебное пособие / И. А. Ермилова. – Санкт-Петербург: ГИОРД, 2007. – 413 с.
3. Сташева М. А. Исследование хлопкополиэфирных тканей для домашнего текстиля / М. А. Сташева, Л. И. Балакший // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2009. – № 3(316). – С. 118-119.
4. Акопова, Е. И. Изучение потребительских свойств штучных изделий из махровых тканей разного состава / Е. И. Акопова // Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ – 2015) : сборник материалов международной научно-технической конференции, Москва, 17–18 ноября 2015 года / Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный университет дизайна и технологии». Том Часть 2. – Москва: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Московский государственный университет дизайна и технологии", 2015. – С. 36-39.
5. Леонтьева, И. Г. Сравнительный анализ потребительских свойств махровых полотенец / И. Г. Леонтьева, Е. А. Заец, А. А. Белявская // Материалы докладов 52-й международной научно-

технической конференции преподавателей и студентов: В ДВУХ ТОМАХ, Витебск, 24 апреля 2019 года. Том 2. – Витебск: Витебский государственный технологический университет, 2019. – С. 230-233.

6. Сташева, М. А. Анализ нормативной документации на изделия домашнего текстиля / М. А. Сташева // Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ-2022): Сборник материалов Международной научно-технической конференции, Москва, 16 ноября 2022 года. Том Часть 2. – Москва: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)", 2022. – С. 107-111.

7. Филимонова, Л. И. Исследование разных видов идентификации махровых полотенец / Л. И. Филимонова, М. А. Филимонова // Сфера услуг: инновации и качество. – 2014. – № 18. – С. 5.

8. Шишова, Э. Э. О качестве махровых полотенец разных производителей / Э. Э. Шишова, Е. Ф. Федорова // Молодежь – производству: Сборник статей международной научно-технической конференции студентов, магистрантов и аспирантов, Витебск, 21–22 ноября 2006 года. – Витебск: Витебский государственный технологический университет, 2006. – С. 52-53.

9. ТР ТС 017/2011. О безопасности продукции легкой промышленности. // Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/902320564>.

10. ГОСТ 11027-2014. Ткани и штучные изделия хлопчатобумажные махровые и вафельные. Общие технические условия // Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200119958>.

11. ГОСТ 10524-2014. Ткани и штучные изделия льняные и полульняные махровые. Общие технические условия. // Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200119500>.

12. ПНСТ 258-2017. Российская система качества. Сравнительные испытания махровых полотенец. Режим доступа: <https://www.gostinfo.ru/catalog/Details/?id=6343884>

АНАЛИЗ ВПИТЫВАЕМОСТИ НЕТКАНОГО МАТЕРИАЛА ХОЛЛОФАЙБЕР® ПО СРАВНЕНИЮ С ТРАДИЦИОННЫМИ МАТЕРИАЛАМИ ДЛЯ МЕДИЦИНСКИХ ИЗДЕЛИЙ

ANALYSIS OF THE ABSORBENCY OF NONWOVEN HOLOFIBER ® COMPARED WITH TRADITIONAL MATERIALS FOR MEDICAL DEVICES

Д.А. Лутова, А.Н. Захарова, М.С.Лисаневич
D.A. Lutova, A.N. Zakharova, M.S. Lisanevich

Казанский национальный исследовательский технологический университет
Kazan National Research Technological University
E-mail: lutovad@bk.ru, nastzah5@gmail.com, lisanevichm@gmail.com

Проведен сравнительный анализ нетканого материала Холлофайбер® по сравнению с традиционными материалами (ваты, бинта, нетканого материала спанлейс). На основании полученных данных показано, что Холлофайбер® ВОЛЮМЕТРИК артикул Р 84 имеет впитываемость в 2,7 раз выше, чем вата.

Ключевые слова: нетканые материалы; Спанлейс, Холлофайбер®; бинт; впитываемость; свойства, медицинские изделия; абсорбционная емкость

A comparative analysis of non-woven HoloFiber ® material compared with traditional materials (cotton wool, bandage, non-woven material spanlace) was carried out. Based on the data obtained, it is shown that HoloFiber ® VOLUMETRIC article P 84 has an absorbency 2.7 times higher than cotton wool.

Keywords: nonwoven materials; Spunlace, HoloFiber®; bandage; gauze; absorbency; properties, medical products; absorption capacity

На сегодняшний день расширяются области применения нетканых материалов в медицине, увеличиваются объемы их производства. Такие свойства НМ, воздухопроницаемость, хорошие барьерные и прочностные показатели позволяют эффективно использовать их для медицинских целей.

Спанлейс (spunlace), имея безворсовую структуру и хорошие тактильные свойства, активно применяется в медицинских салфетках и раневых повязках, лейкопластырях [1-3].

Ранее нетканый материал Холлофайбер® применялся только в качестве утеплителей для одежды или наполнителей для игрушек. Но в настоящее время новым направлением использования нетканых материалов торговой марки Холлофайбер® являются изделия медицинского назначения. На его основе разрабатываются эвакуационные конверты для новорожденных и раневые повязки [1-9].

Целью данной работы было проанализировать показатель впитываемости нетканого материала Холлофайбер® по сравнению с аналогами (медицинскими бинтом, ватой и спанлейсом).

Эксперименты для сравнительного анализа были проведены в Казанском национальном исследовательском технологическом университете ФГБОУ ВПО «КНИТУ» на кафедре Медицинской инженерии (МИ) в испытательном центре «Нетканые материалы».

Материалы и методы

Объекты испытаний – объемный нетканый материал марки Холлофайбер® ВОЛЮМЕТРИК, артикул Р84 (производства ООО «Термопол», г. Москва), поверхностной плотности 150 г/м².

Сущность метода определения впитываемости полотна заключалась в измерении количества жидкости, удерживаемой полоской испытуемой пробы за определенное число погружений и дренажа. Испытание на абсорбционную емкость полотна проводили по ГОСТ Р 54872–2011 Полотна нетканые и изделия из них. Методы определения впитываемости

Показатель впитываемости в процентах для каждой пробы или проб была вычислен по формуле:

$$LAC = ((m_M - m_C) / m_C) * 100, \quad (1)$$

где m_C – масса сухой пробы, г;

m_M – масса испытуемой пробы (проб) и поглощенной жидкости в конце испытания, г [10]

В таблице 1 и на рисунке 1 приведены значения и график абсорбционной емкости ваты, бинта и нетканых материалов (Холлофайбера и Спанлейса).

Таблица 1

Значения впитываемости ваты, бинта и нетканых материалов (Холлофайбера Р 84 и Спанлейса перфорированного)

Параметр	Холлофайбер Р 84	Вата	Спанлейс перфорированный	Бинт
Абсорбционная емкость, %	3500	1281	1273	870

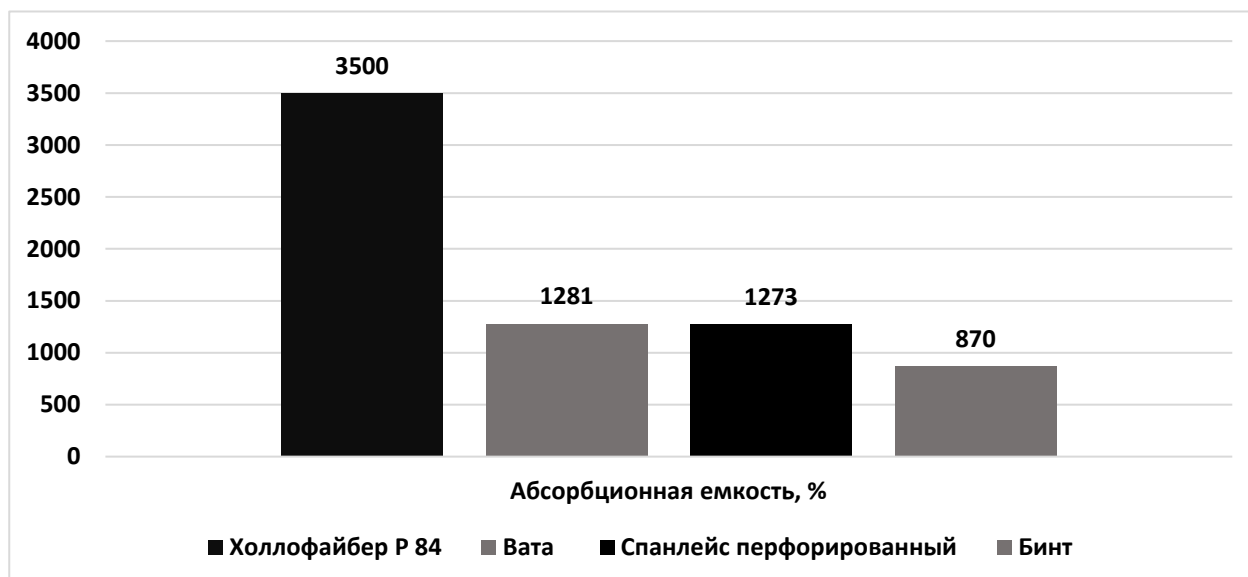


Рис. 1. График впитываемости нетканых материалов (Спанлейса, Холлофайбера®) и медицинской ваты, бинта

На основании полученных данных показано, что Холлофайбер® ВОЛЮМЕТРИК артикул Р 84 имеет впитываемость в 2,7 раза больше по сравнению с нетканым материалом Спанлейс (1273 %) и медицинской ватой (1281%), в 4 раза больше по сравнению с медицинским бинтом (870 %).

Таким образом, нетканый материал Холлофайбер® является перспективным материалом для использования во впитывающих медицинских изделиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Влияние радиационной стерилизации на свойства нетканого материала, полученного по технологии спанлейс / Ю. Н. Хакимуллин, К. В. Легаева, Е. С. Кузнецова [и др.] // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. – Т. 17, № 14. – С. 150-153. – EDN STIART. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://elibrary.ru/download/elibrary_22268833_91676156.pdf (дата обращения: 26.09.2023)

2. Галимзянова, Р.Ю. Нетканые материалы медицинского назначения, полученные по технологии спанлейс: сборник задач / Р.Ю. Галимзянова, Лисаневич М.С., Хакимуллин Ю.Н. // Казан. нац. иссл. технол. ун-т. – Казань, 2022 – С.85 (дата обращения : 02.03.2023)
3. Лисаневич М.С., Легаева К.В., Царева Е.Е., Галимзянова Р.Ю., Мусин И.Н., Хакимуллин Ю.Н. Прогнозирование долговечности стерилизованного нетканого материала, производимого по технологии спанлейс. Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т.17. №14. С.144-146.
4. Лисаневич, М. С. Исследование влияния низкотемпературной плазмы на свойства нетканого материала Холлофайбер® / М. С. Лисаневич, Р. Ю. Галимзянова, В. В. Иванов // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2022. – № 5(401). – С. 140-145. – DOI 10.47367/0021-3497_2022_5_140. – EDN HUDDXL. [Электронный ресурс]. – Режим доступа:
https://elibrary.ru/download/elibrary_49748791_63689858.pdf (дата обращения: 26.09.2023)
5. Рахматуллина, Р. Д. Анализ влияния радиационной стерилизации на показатель поверхностной жесткости при изгибе нетканого материала Холлофайбер® / Р. Д. Рахматуллина, М. С. Лисаневич, Е. В. Мезенцева // Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX). – 2021. – № 1. – С. 301-305. – DOI 10.47367/2413-6514_2021_1_301. – EDN ZKSAFP. [Электронный ресурс]. – Режим доступа:
https://elibrary.ru/download/elibrary_47247796_49481789.pdf (дата обращения: 26.09.2023)
6. Структурные особенности нетканых материалов "Холлофайбер" / Ю. М. Трещалин, М. В. Киселев, В. В. Хамматова [и др.] // Вестник Технологического университета. – 2015. – Т. 18, № 17. – С. 141-143. – EDN UOSQMT.
7. Влияние ионизирующего излучения на свойства нетканых материалов медицинского назначения / Л. С. Травкина, М. С. Лисаневич, Р. Ю. Галимзянова [и др.] // Вестник Казанского технологического университета. – 2013. – Т. 16, № 24. – С. 28-31. – EDN RSAYRN.
8. Исследование влияния ионизирующего излучения на физико-механические свойства нетканых материалов медицинского назначения / М. С. Лисаневич, А. А. Никифоров, К. А. Григорьева, Р. З. Мухаметзянов // ПРОФЕССИОНАЛ ГОДА 2018 : сборник статей VII Международного научно-практического конкурса, Пенза, 25 января 2018 года. – Пенза: "Наука и Просвещение" (ИП Гуляев Г.Ю.), 2018. – С. 108-112. – EDN YQPFOW.
9. Мухаметшин, Д. Р. Основные виды и способы производства нетканых материалов в России / Д. Р. Мухаметшин, А. К. Хайруллин // Современные НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ: АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ, ДОСТИЖЕНИЯ и ИННОВАЦИИ: сборник статей IV Международной научно-практической конференции. В 2 частях, Пенза, 23 февраля 2018 года. Том Часть 1. – Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение», 2018. – С. 24-28. – EDN YRWZWH.
10. ГОСТ Р 54872 - 2011. Полотна нетканые и изделия из них. Методы определения впитываемости. [Электронный ресурс]. – Режим доступа:
<https://files.stroyinf.ru/Data/517/51722.pdf> (дата обращения: 26.09.2023)

ПОВЫШЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ПОДШИПНИКОВЫХ УЗЛОВ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕМ СМАЗОЧНОЙ СРЕДЫ

INCREASING THE DURABILITY OF BEARING UNITS BY IMPROVING THE LUBRICANT MEDIUM

А.С. Мардасов¹, Т.А. Комарова¹, А.А. Гвоздев²
A.S. Madrasov¹, T.A. Komarova¹, A.A. Gvozdev²

¹Ивановский государственный политехнический университет

²Верхневолжский государственный агробиотехнологический университет

¹Ivanovo State Polytechnic University

²Verkhnevolzhsk State University of Agronomy and Biothechnology

E-mail: resurs1959@yandex.ru, docent.ta@yandex.ru

Авторами рассматривается задача повышения ресурса подшипниковых узлов текстильного оборудования в развитии концепции ресурсо- и энергосбережения в рамках реализуемой Госпрограммы «Технологический суверенитет» (ранее «Импортозамещение»). В состав серийно выпускаемого пластичного смазочного материала (ПСМ) на литиевой основе вводятся мелкодисперсные порошки гидросиликата магния в различной концентрации, исследуются основные триботехнические характеристики.

Ключевые слова: деталь, смазочные материалы, наполнители, трение, износ

The authors consider the task of increasing the service life of bearing units of textile equipment in the development of the concept of resource and energy saving within the framework of the implemented State Program “Technological Sovereignty” (formerly “Import Substitution”). Fine powders of magnesium hydrosilicate in various concentrations are introduced into the composition of a commercially produced lithium-based grease, and the main tribological characteristics are studied.

Key words: part, lubricants, fillers, friction, wear

Эксплуатация современного текстильного оборудования характеризуется высокими динамическими нагрузками и скоростями, что требует обеспечения и высокой надежности, безотказности всех агрегатов и систем. Подшипники качения являются невосстанавливаемыми элементами, а высокая их стоимость наряду с незначительным ресурсом обуславливает необходимость разработки методов повышения их ресурса, которые позволят снизить эксплуатационные затраты и стоимость многочисленных видов конечной производимой продукции.

Качество изготовления и структура подшипниковых сталей – одних из лучших по критериям «прочность», «твердость», «износостойкость» и др. достигли в определенном смысле своего предела. Исследование и совершенствование состава традиционных смазочных материалов - доступный и экономически выгодный способ повышения ресурса подшипников качения. Механизм действия многофункциональных добавок заключается в создании защитных пленок (структур) на трущихся поверхностях, препятствуя их непосредственному контакту, снижая трение и износ, повышая ресурс [1].

Опорные подшипники валов и осей работают в условиях больших нагрузок и высоких скоростей, а ограниченный теплоотвод из зоны контакта приводит к значительному нагреву деталей и смазочного материала, сокращая ресурс и тех и других. Анализ состояния ремонтного фонда показал, что основными видами изнашивания тел качения и беговых дорожек являются окислительное и питтинг поверхностей трения.

На сегодняшний день наиболее часто используемая в выше названных узлах пластичная смазка «Литол-24» (ТУ 0254-116-04001-396-05) в недостаточной степени выполняет заданные функции и требует совершенствования [2], [3]. В подшипнике качения

при штатных допустимых нагрузках P_1 (рис.1, а, г – трение качения) шарик или ролик свободно катятся по беговой дорожке. В таких условиях неплохо зарекомендовал себя «Литол-24». Но при значительном возрастании нагрузки до P_2 (рис.1, б, д – трение качения с проскальзыванием) настолько, что шарик или ролик переставали только катиться и начинали частично проскальзывать – именно в эти моменты и периоды эксплуатации контактные поверхности начинают интенсивно изнашиваться с образованием натиров, задиров и наволакивания металла (рис.1, в,е,ж). При дальнейшем росте нагрузок при смазывании серийной смазкой ситуация доходит до заклинивания подшипников.

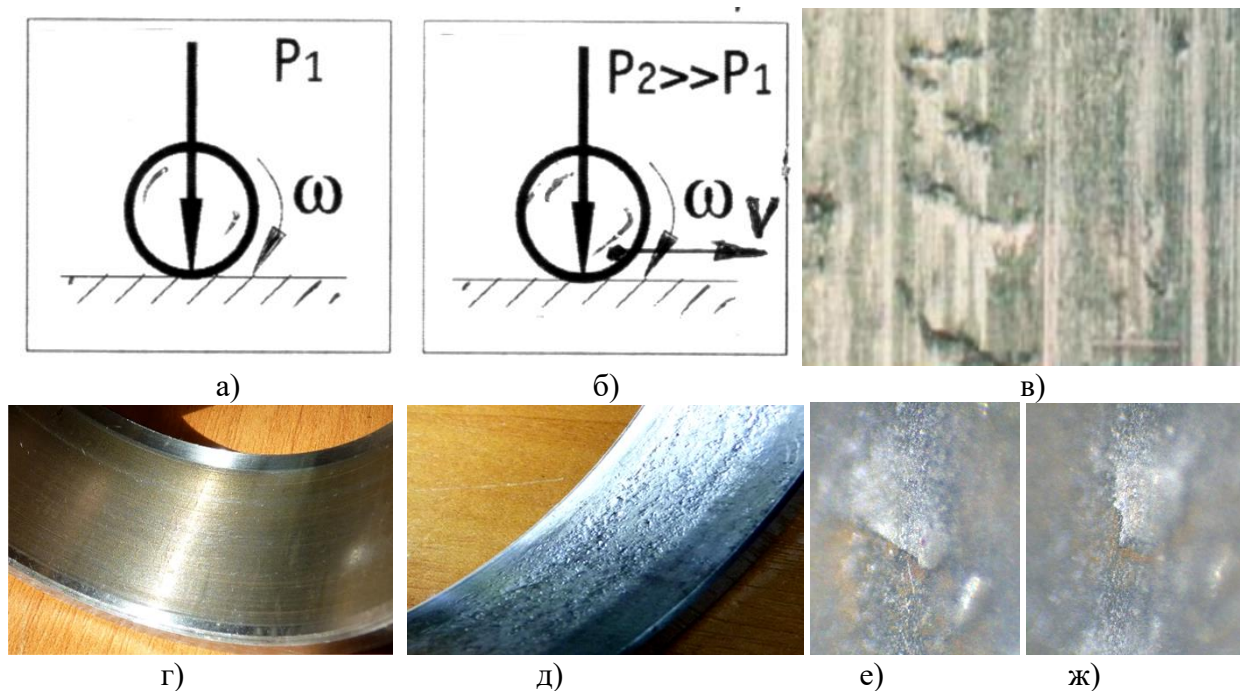


Рис. 1. Схемы контактирования рабочих поверхностей подшипников (позиции - по тексту)

Практика использования природных полезных ископаемых в естественном виде, таких как графит, сера, молибденит и др. (рис.2), а также искусственно производимых жиров, масел, продуктов нефтехимии, различных химических соединений добавок в смазки для уменьшения трения и изнашивания машин и оборудования имеет большую историю.

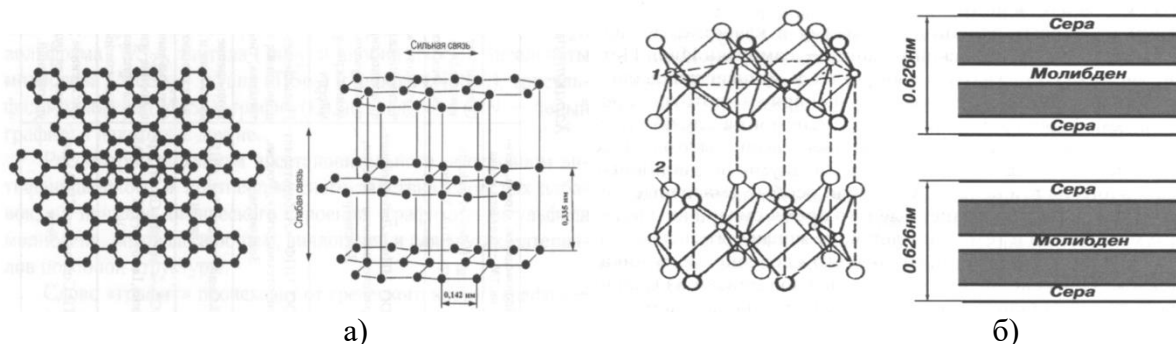


Рис. 2. Структура слоистых модификаторов трения: а - графита; б - дисульфида молибдена

С 60-х годов прошлого столетия появилась новая научно-техническая сфера – управление трением, изнашиванием и восстановлением поверхностей в процессе эксплуатации машин с использованием триботехнических препаратов. В последние годы продолжается работа над созданием новых материалов, относимых к классу ремонтно-восстановительных составов (РВС). Одним из перспективных направлений является

применение в качестве добавок к смазочной среде микропорошков геомодификаторов трения (ГМТ) на основе гидросиликатов магния, в частности, серпентинита, обладающего уникальными свойствами при трении в зоне непосредственного контакта формировать углеродистые железо-силикатные покрытия, отличающиеся высокой твердостью, низким коэффициентом трения, смазкоудерживающей способностью, высокой прочностью сцепления с основным материалом, невосприимчивостью к наличию и попаданию абразивных частиц и продуктов износа, возможностью продолжения эксплуатации подшипниковых узлов в экстремальных условиях. [4], [5].

В чистом виде эти минералы встречаются не часто, они входят в состав горной породы серпентинита (содержат небольшое количество алюминия, никеля, железа), добываемой на Кольском полуострове, на Урале, Дальнем Востоке, в Японии, Грузии и др. Серпентинит представляет собой плотную горную породу зеленовато-серого (до темно-серого) цвета, состоящую из собственно минералов группы серпентина и включений магнетита, хромита и других минералов (рис.3).

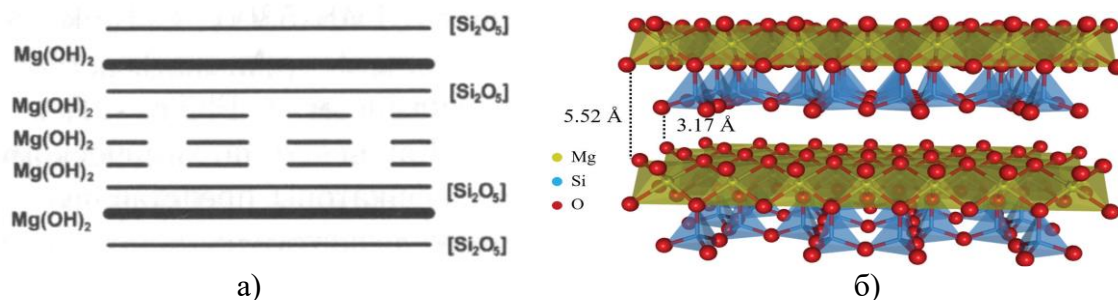


Рис. 3. Базовая структура серпентина: а - послойная; б - пространственная [6]

Как видно из рис.3, в структуре главной разновидности серпентинов чередуются магниевые [Mg(OH)₂] с кремниевыми (Si₂O₅) слоями. Вследствие этого параллельные слои структуры слабо связаны между собой по вертикали, что обеспечивает незначительное сопротивление их сдвигу при трении сопряжений с ГМТ как в масле, так и без него.

Между бруситоподобной и силикатной «сетками» существует заметное размерное несоответствие. Так размер ячейки, занятой катионом Mg²⁺, составляет 9,43 Å, а ячейки, занятой катионом Si⁴⁺ в кремниевой тетраэдрической «сетке», существенно меньше – 9,1Å. Это несоответствие вызывает заметные напряжения, приводящие к деформациям этих слоёв, образуя даже изогнутые слои в полиморфных разновидностях серпентина с одинаковым химсоставом, но с разной кривизной слоёв: волокнистый хризотил, пластинчатый агломерированный антигорит и удлинённые минеральные частицы лизардита. В лизардитах напряжённость компенсируется не только за счёт искажения геометрии «сеток», но и за счёт частичного замещения Si и Mg на Al и Fe [7].

Серпентины, как и любое полезное ископаемое, наряду с целевым продуктом, который может быть использован в качестве ГМТ, содержит также инородные включения. При попадании в целевой продукт они могут вызвать негативные последствия для процесса восстановления поверхностей трения. Многие из минералов, сопутствующих целевому продукту, обладают абразивным для деталей и угнетающим на серпентины действием, поэтому их попадание в триботехнический состав должно быть надежно исключено.

Для определения эффективности использования композиций «Литол-24» с ГМТ были проведены сравнительные лабораторные испытания. Так на этапе лабораторных исследований на машине трения 2070 СМТ-1 з-да «Точприбор» по схеме «ролик-ролик» образцов из стали ШХ15 (ГОСТ 2590-88) с 2-3-х кратной повторностью опытов была выполнена оценка абразивного воздействия порошков ГМТ (№ 1–5) разных месторождений по причине разной степени очистки от абразивных включений обогащенной и просеянной шихты. Измерение величины износа и визуальное с фотосъемкой изучение следов от абразивного иссечения образцов из подшипниковой стали выполняли на микроскопах МПБ-2, МБС-10, С-11

(увеличение 24–120^X). Для постоянной подачи смазки в зону трения образцов нижний ролик на 1/3 его диаметра погружали в смазочную композицию (пористый материал – поролон, обильно пропитанный смазкой в количестве 5 г. во всех опытах). Частота вращения вала машины трения 300 мин⁻¹, нагрузка при обкатке (5 мин) - 400 Н, нагрузка в основное время – 800 Н.

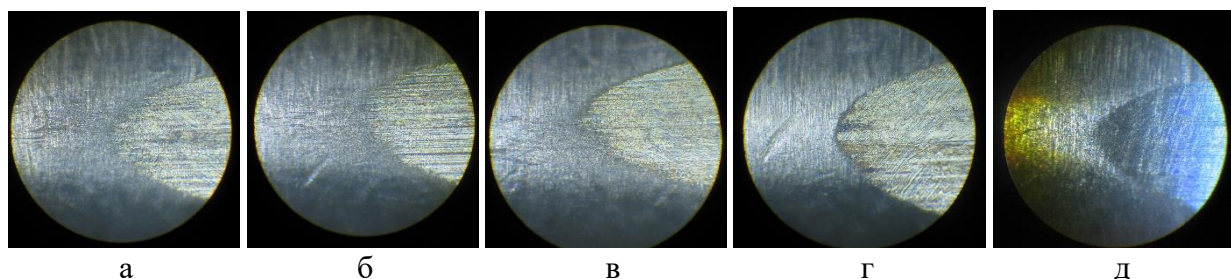


Рис. 4. Характер абразивного воздействия геомодификаторов на образцы в зоне трения: а – GMT №1; б – GMT №2; в – GMT №3; г – GMT №4; д – GMT №5

Исечение поверхности абразивными включениями наблюдалось у четырех составов №1, 2, 3, 5. У состава №4 (рис. 4, г) практически отсутствуют подобные следы, что и послужило основанием для выбора этого состава для последующих исследований.

В дальнейшем состав №4 с минимальным абразивным воздействием был исследован на этой же машине трения и в тех же условиях на оптимальную концентрацию в базовой смазке в диапазоне 0,5 – 3,0 % (рис.5, 6, 7). За основу были взяты критерии: износ (i , мм²), момент трения ($M_{тр}$, Нсм) и температура в зоне контакта (t_k , °C).

При концентрации GMT №4 менее 0,5 % исследуемые свойства по своим значениям приближались к исходной базовой смазке. Увеличение концентрации от 0,5 до 1,0 % приводит к снижению момента трения и величины износа при сохранении температуры в зоне трения.

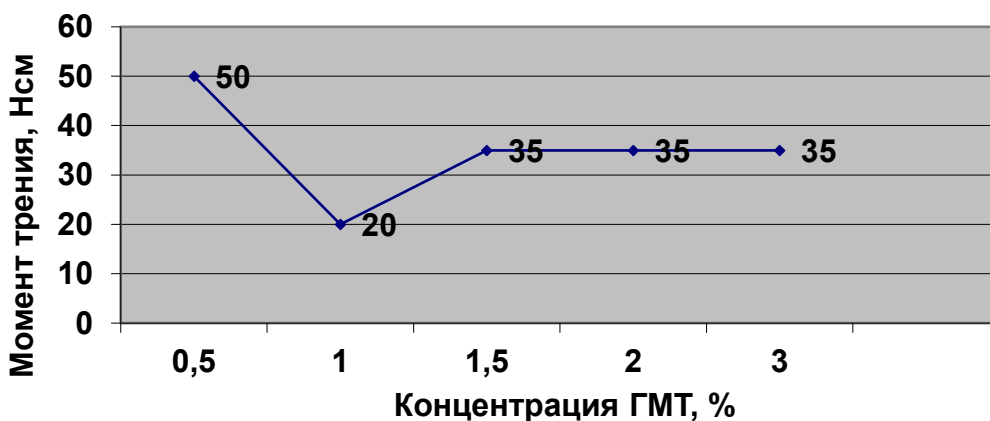


Рис. 5. Зависимость момента трения от концентрации GMT №4

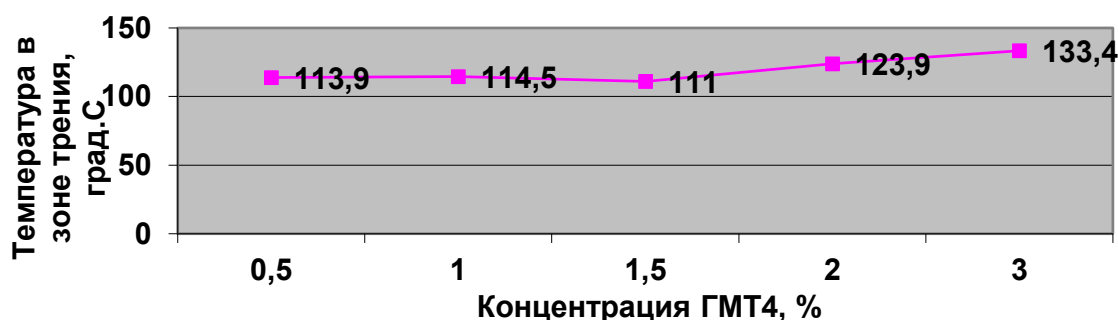


Рис. 6. Зависимость температуры в зоне трения от концентрации GMT №4

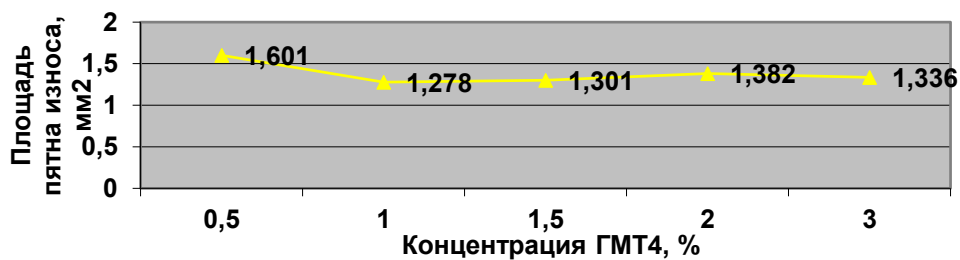


Рис. 7. Зависимость площади пятна износа от концентрации ГМТ №4

С увеличением концентрации до 1,5 % возрастают механические потери при незначительном росте износа, но при концентрации 2,5 - 3,0 % заметно прогрессирует температура от 111,0 °С до 133,4 °С (на 12 - 17 % по ряду опытов), что в дальнейшем отрицательно скажется на долговечности узла трения. В этой связи рекомендуемый диапазон концентрации ГМТ в «Литол-24» составил 1,0 – 1,5 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ващенко А.В. Серпентины в триботехнике//А.В. Ващенко, В.В. Казарезов, И.В. Таловина, В.В. Костенко / Минералогия. – М.: 2002, - №1 (4). – С.43-50.
2. Трансмиссионные масла. Пластичные смазки/ Р. Балтенас, А.С. Сафонов, А.И. Ушаков, В. Шергалис. – СПб: ООО «Издательство ДНК», 2001. – 208 с.
3. Остриков В.В., Клейменов О.А., Баутин В.М.. Смазочные материалы и контроль их качества в АПК. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2003. – 176 с.
4. Телух Д.М. Введение в проблему использования природных слоистых гидросиликатов в трибосопряжениях/Д.М. Телух, В.П. Кузьмин, В.В. Усачев// Интернет-журнал «Трение, износ, смазка», 2009, - №3.
5. Зуев В.В. Конституция, свойства минералов и строение земли (энергетические аспекты)/ В.В. Зуев. СПб: Наука, 2005. – 400 с.
6. Carmignano O.R,D.G, Viera S., Brandao P.R.G. et al. Serpentinites: Mineral Structure, Properties and Technological Applications// J. Braz. Chem. Soc., 2020, Vol. 31, No. 1, P. 2-14.
7. Погодаев Л.И. Кузьмин В.М. Структурно-энергетические модели надёжности материалов и машин. СПб: Академия транспорта РФ, 2006. 608 с.
8. Гвоздев А.А., Комарова Т.А. Исследование возможности повышения ресурса ножей раскройных машин. Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы: сб. материалов XXV Междунар. науч.-практ. форума «SMARTEX-2022», 25 августа 2022 года, 6–7 октября 2022 года. – Иваново: ИВГПУ, 2022. – С.9-13.

ВЛИЯНИЕ НА АНТИМИКРОБНЫЕ СВОЙСТВА ПОЛИПРОПИЛЕНОВЫХ НИТЕЙ С ПОЛИТЕТРАФТОРЭТИЛЕНОВЫМ ПОКРЫТИЕМ ПУТЕМ ВВЕДЕНИЯ В ЕГО СТРУКТУРУ СТАБИЛИЗИРОВАННЫХ МЕТАЛЛСОДЕРЖАЩИХ НАНОЧАСТИЦ

INFLUENCE ON THE ANTIMICROBIAL PROPERTIES OF POLYPROPYLENE YARNS WITH POLYTETRAFLUORETHYLENE COATING OF THE INTRODUCTION OF STABILIZED METAL-CONTAINING NANOPARTICLES INTO ITS STRUCTURE

A.B. Майорова^{1,2}, В.И. Халдин³, С.Ю. Вавилова¹, Н.П. Пророкова^{1,2}
A.V. Maiorova^{1,2}, V.I. Haldin³, S.Yu. Vavilova¹, N.P. Prorokova^{1,2}

¹Институт химии растворов имени Г.А. Крестова Российской академии наук (Иваново)

²Ивановский государственный политехнический университет

³Ивановский государственный химико-технологический университет

¹G.A. Krestov Institute of Solution Chemistry of the Russian Academy of Sciences
(Ivanovo)

²Ivanovo State Polytechnic University

³Ivanovo State University of Chemistry and Technology

E-mail: npp@isc-ras.ru

Получены полипропиленовые нити с покрытиями на основе политетрафторэтилена (ПТФЭ), содержащие стабилизированные наночастицами оксида железа (магнетита), серебра и меди. Оценены антимикробные свойства нитей с ПТФЭ покрытиями, в структуру которых внедрено небольшое количество биологически активных наночастиц.

Ключевые слова: полипропиленовая нить с политетрафторэтиленовым покрытием, наночастицы магнетита, серебросодержащие наночастицы, медьсодержащие наночастицы

Polypropylene yarns with coatings based on polytetrafluoroethylene (PTFE) containing stabilized nanoparticles of iron oxide (magnetite), silver and copper were obtained. The antimicrobial properties of yarns with PTFE coatings, into the structure of which a small amount of biologically active nanoparticles are introduced, were assessed.

Key words: polypropylene yarns with polytetrafluoroethylene coating, magnetite nanoparticles, silver-containing nanoparticles, copper-containing nanoparticles

В настоящее время в медицинской практике широко используются одноразовые материалы, изготовленные, в основном, из полипропилена (медицинская одежда, маски, салфетки, простыни и т.п.). Очень важным является наличие у таких изделий барьерных биоцидных свойств, т.е. способности подавлять развитие патогенных микроорганизмов при контакте с ними, обеспечивая тем самым защиту и больного, и врача. Одним из широко применяемых путей придания волокнистым материалам антимикробных свойств является использование в качестве биоактивных препаратов наночастиц металлов и их оксидов, которые легко закрепляются на поверхности природных волокон, имеющих огромное количество функциональных групп.

Однако полипропиленовое (ПП) волокно обладает химически инертной гладкой поверхностью и не имеет пор. Прочно закрепить на поверхности такого волокна наночастицы металлов или их оксидов очень сложно. Поэтому в ИХР РАН был предложен метод закрепления наноразмерных частиц на ПП нити, основанный на их иммобилизации в сверхтонком высоко устойчивом покрытии на основе политетрафторэтилена, способ формирования которого был предложен ранее [1-4].

Способ базируется на том, что для обеспечения адгезии ПТФЭ к поверхности нити суспензия ПТФЭ СФ-4Д наносится на поверхность горячей продольно деформируемой нити при формовании её из термопластичного полимера на стадии замасливания. В дальнейшем, на

стадии ориентационного вытягивания, толщина покрытия, за счет способности фторопласта к псевдотекучести и высокого коэффициента теплового расширения, значительно уменьшается, покрытие приобретает равномерность и становится ориентированным. Такие нити имеют поверхность из ПТФЭ и обладают свойствами фторопласта (высокими хемостойкостью и гидрофобностью, низким коэффициентом трения).

Следует обратить внимание, что присущая наночастицам склонность к агрегированию является серьезным препятствием для введения наноразмерных частиц в полимерное покрытие, поскольку даже незначительное агрегирование наполнителей может отрицательно сказаться на эксплуатационных характеристиках нитей. Задача предотвращения агрегации наноразмерных наполнителей при получении наномодифицированных синтетических нитей из расплава является весьма сложной, поскольку образование агрегатов наночастиц обусловлено метастабильностью наноразмерных частиц, обладающих избыточной поверхностной энергией. В настоящей работе был использован метод стабилизации наночастиц посредством снижения их поверхностной энергии за счет нанесения на них поверхностно-активных частиц (ПАВ). В связи с тем, что процессы получения термопластичных нитей из расплава осуществляются при высоких температурах, в качестве ПАВ было выбрано термостойкое вещество – стеарат натрия. В работах [5-8] показано, что внедрение в структуру ПТФЭ покрытия малого количества стабилизированных наночастиц оксида железа (магнетита), меди и серебра не вызывает ухудшения покрытия к ПП нити и снижения ее физико-механических характеристик. Модифицированная таким образом нить приобретает пониженное электрическое сопротивление. Однако очень важным свойством нити с нанесенными на нее биологически активными наночастицами является ее способность ингибировать жизнедеятельность болезнетворных микроорганизмов.

Целью настоящего исследования являлась оценка антимикробного действия стабилизированных стеаратом натрия биологически активных металлосодержащих наночастиц, внедренных в структуру сформированного на его поверхности наноразмерного покрытия на основе политетрафторэтилена.

Композицию для формирования покрытий на ПП нитях получали на основе суспензии ПТФЭ СФ-4Д добавлением компонентов при перемешивании при температуре 80-90 °С.

Композиция содержала следующие компоненты:

- суспензионный ПТФЭ – 10 %;
- стеарат натрия 0,2 %;
- стабилизированные частицы $\text{FeO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$, Ag, Cu - 0,0125 - 0,1 %;
- вода - до 100 %.

Для уменьшения размера стабилизированных металлосодержащих частиц композицию подвергали обработке в низкочастотном ультразвуковом диспергаторе типа УЗДН-2Т в термостатируемом сосуде при частоте $f = 22$. Время экспозиции составляло 2 минуты.

ПП нити получали из гранулята изотактического полипропилена марки «Бален» 01250 с использованием комплекса уникальных установок для формования и ориентационного вытягивания синтетических нитей (стенды СФПВ-1 и ОСВ-1), имитирующих производственные условия получения синтетических нитей [9]. Нанесение композиции, содержащей суспензию ПТФЭ СФ-4Д и стабилизированные термоустойчивыми ПАВ металлосодержащие частицы, на поверхность ПП нити осуществляли с помощью специального устройства собственной конструкции [3].

Наночастицы магнетита получали методом соосаждения. Для этого готовили раствор двух солей, содержащий 7.08 г $\text{FeSO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ($C = 0,5$ М) и 3.75 г $\text{FeCl}_3\cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ($C = 0,3$ М), в который после нагрева до 80 °С медленно и при перемешивании добавляли избыток аммиачного раствора NH_4OH - 15 мл ($C = 1.5$ М). Стабилизацию осуществляли за счет введения 1.0 % $\text{NaC}_{18}\text{H}_{35}\text{O}_2$. После перемешивания наблюдали появление ультрадисперсных частиц черного цвета. Промывали многократно дистиллированной водой до исчезновения запаха аммиака. Суспензию стабилизированного магнетита высушивали на воздухе до

получения порошка. Порошок просеивали через фильерное сито и высушивали 1 сутки при температуре 60 °С под вакуумом [5].

Синтез наночастиц серебра проводили путем восстановления нитрата серебра глюкозой [10,11]. Получали устойчивые коллоидные растворы желто-оранжевого цвета, содержащие наноразмерные сферические частицы серебра. В водную суспензию серебра для повышения ее устойчивости и предотвращения агрегации частиц добавляли расчетное количество стеарата натрия, после чего суспензию обрабатывали ультразвуком.

Медьсодержащий порошок синтезировали методом катодного восстановления из водно-этанольных растворов сульфата меди в условиях замедленной стадии диффузии катионов на предельной плотности тока [12]. Получали порошок, обладающий высокой дисперсностью, устойчивостью при повышенных температурах. На основе медьсодержащего порошка готовили водную суспензию, в которую для стабилизации добавляли стеарат натрия. Суспензию обрабатывали ультразвуком для повышения ее устойчивости.

Композицию готовили следующим образом: к необходимому количеству суспензии СФ-4Д с известным содержанием дисперсного ПТФЭ добавляли суспензию металлосодержащих частиц, стабилизированную известным количеством стеарата натрия, а также дистиллированную воду (до 100 %). Образовавшуюся смесь перемешивали на механической мешалке с подогревом при температуре 70-80 оС в течение 2 часов до полной гомогенизации, после чего обрабатывали ультразвуком для разрушения агрегированных компонентов. Полученную композицию, нагретую до температуры 40 оС, наносили на горячие нити на стадии замасливания при формовании нитей на стенде СФПМ -1. Были получены ПП нити со сформированными на поверхности каждого филамента покрытиями на основе суспензии ПТФЭ 4Д, допированными железом, медью или серебросодержащими частицами. После формования и нанесения суспензии ПТФЭ нити подвергали ориентационному вытягиванию и термостабилизации с использованием стенда ОСВ-1.

Можно предположить, что металлосодержащие наночастицы и образуемые ими ионы способны к диффузии за пределы ПТФЭ покрытия. На основании этого оценку влияния модифицированного волокнистого материала на жизнедеятельность патогенных микроорганизмов проводили в соответствии с ГОСТ ISO 20645-2014 (Межгосударственный стандарт «Изделия текстильные. Определение антибактериальной активности. Диффузное испытание в чашках с агаровой средой»). Для нее применяли типичные тестовые культуры: *Staphylococcus aureus* 6538-P ATCC=209-P FDA (золотистый стафилококк) и *Escherichia coli* штамм М-17 (кишечная палочка) – соответственно грамположительная и грамотрицательная бактериальные культуры. Использованный в работе тест основан на определении зоны задержки роста микроорганизмов вокруг образца. Пробы испытуемого материала (элементы политетрафторэтиленового покрытия с металлосодержащими частицами) выкладывали в чашку Петри на поверхность питательной среды (агара), предварительно засеянной «методом газона» испытуемым тест-микробом. Посевы культивировали в течение 24 ч в термостате при 37 °С. Оценку качества антимикробной активности испытуемого материала проводили по размеру зоны задержки роста микроорганизмов вокруг образца. Такой метод традиционно используют для оценки эффективности действия мигрирующих препаратов, антимикробное действие которых реализуется при диффузии препаратов с волокна в жидкую фазу. Полученные результаты представлены на рис. 1 и 2.

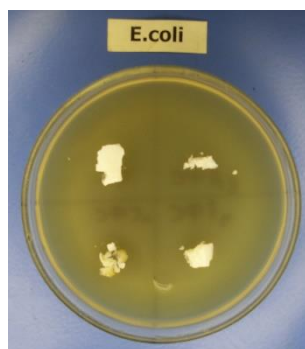


Рис. 1. Оценка качества антимикробной активности против *Escherichia coli*. Фотография чашки Петри с образцами фторопластового покрытия для ПП нити:
 1 – покрытие без металлсодержащих частиц; 2 – покрытие с частицами $\text{FeO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$;
 3 – покрытие с частицами Ag; 4 – покрытие с частицами Cu

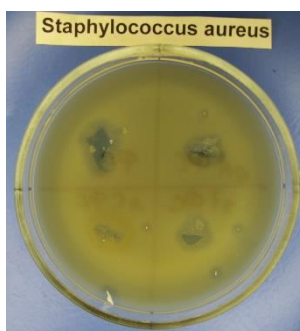


Рис. 2. Оценка качества антимикробной активности против *Staphylococcus aureus*. Фотография чашки Петри с образцами фторопластового покрытия для ПП нити:
 1 – покрытие без металлсодержащих частиц; 2 – покрытие с частицами Ag;
 3 – покрытие с частицами Cu; 4 – покрытие с частицами $\text{FeO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$

Из рисунков следует, что покрытия на основе ПТФЭ с введенными в их структуру стабилизированными ПАВ металлсодержащими наночастицами не влияют на развитие грамотрицательной бактерии - кишечной палочки (*Escherichia coli*), но несколько замедляют развитие грамположительной бактерии - золотистого стафилококка (*Staphylococcus aureus*). Поскольку известно, что антимикробная активность наночастиц зависит от их концентрации на волокнистом материале, возможным направлением дальнейших исследований, направленных на повышение антимикробной активности нити с покрытием на основе ПТФЭ и металлсодержащими наночастицами, стабилизированными стеаратом натрия, является увеличение содержания наночастиц в покрытии.

Получены полипропиленовые нити с ПТФЭ покрытием, содержащим 0,1 % наночастиц $\text{FeO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$, Ag, Cu, стабилизированных стеаратом натрия. Оценена способность ПП нитей с модифицированным ПТФЭ покрытием ингибировать жизнедеятельность патогенных микроорганизмов. Установлено, что в результате внедрения в структуру ПТФЭ покрытия небольших количеств стабилизированных стеаратом натрия металлсодержащих наночастиц ПП нить с ПТФЭ покрытием приобретает бактериостатические свойства

ЛИТЕРАТУРА

1. Пророкова Н.П., Вавилова С.Ю., Кумеева Т. Ю., Морыганов А.П., Бузник В.М. Синтетические нити с высокой хемостойкостью и низким коэффициентом трения. Патент РФ на изобретение №2522337, Заявка № 2012153927/05 от 14.12.2012, зарегистрировано в Госреестре 16 мая 2014 г. Опубликовано 10.07.2014, Бюл. №19.
2. Пророкова Н.П., Вавилова С.Ю., Кумеева Т. Ю., Морыганов А.П., Бузник В.М. Способ получения синтетических нитей. Патент РФ на изобретение №2522338, Заявка №

- 2012153928/05 от 14.12.2012, зарегистрировано в Госреестре 16 мая 2014 г. Опубликовано 10.07.2014, Бюл. №19.
3. Prorokova N.P., Vavilova S.Y., Bouzник V.M A novel technique for coating polypropylene yarns with polytetrafluoroethylene // *Journal of Fluorine Chemistry*. - 2017. - V. 204. – P. 50 – 58.
 4. Prorokova N.P., Vavilova S.Y. Bulk and surface modification of polypropylene filaments at the stage of their formation from a melt // *Fibre Chemistry*. – 2018. - V. 50, No. 3. - P. 233-238.
 5. Prorokova N., Vavilova S. Properties of polypropylene yarns with a polytetrafluoroethylene coating containing stabilized magnetite particles // *Coatings*. – 2021. - 11(7). – 830
 6. Prorokova N.P., Vavilova S.Y., Bouzник V.M Mechanical characteristics of a polypropylene yarn with a polytetrafluoroethylene-based coating obtained through a new technology // *Theoretical Foundations of Chemical Engineering*. – 2021. – V. 55, No. 5 – P. 1021-1027.
 7. Вавилова С.Ю., Пророкова Н.П., Холодков И.В., Кумеева Т.Ю. Покрытие на основе политетрафторэтилена, содержащее магнетит, сформированное на полипропиленовой нити: устойчивость к адгезионному разрушению // *Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 1: Естественные и технические науки*. – 2022. - №2. – С. 29-35
 8. Блинов Д.А., Касаткин С.А., Вавилова С.Ю., Кумеева Т.А., Пророкова Н.П. Влияние металлсодержащих наночастиц на свойства полипропиленовой нити с покрытием на основе политетрафторэтилена // *Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы: сб. материалов XXV Междунар. науч.-практ. форума «SMARTEX-2022»*, 25 августа 2022 года, 6–7 октября 2022 года. – Иваново: ИВГПУ, 2022. – С. 89-93
 9. Вавилова С.Ю., Пророкова Н.П., Пикалов А.П. Влияние условий формования и ориентационного вытягивания полипропиленовой нити на её физико-механические свойства // *Известия ВУЗов. Технология легкой промышленности*. – 2011. – Т. 12, № 3. – С. 17 – 20.
 10. Поджарая К.С., Черноиванов В.И. Получение наночастиц серебра в водных растворах глюкозы с помощью карбонат-ионов. - *Агротехника и энергообеспечение*. – 2014. – №1(1) – С. 586–590.
 11. Поджарая К.С. Анализ методов получения наночастиц серебра. - *Успехи химии и химической технологии*.- 2012. - Том XXVI, №7(136). – С. 85-87.
 12. Vavilova S.Yu., Chulovskaya S.A., Kuz'min S.M., Prorokova N.P., Parfenyuk V.I. A new composite polypropylene material with improved physicochemical and consumer properties // *Rus. J. Appl. Chem*. – 2011. - V. 84, No. 12. - P. 2137– 2140.

МНОГОСЛОЙНЫЙ КОМПОЗИЦИОННЫЙ ТЕКСТИЛЬНЫЙ МАТЕРИАЛ ОДЕЖНОГО И ГАЛАНТЕРЕЙНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

MULTILAYER COMPOSITE TEXTILE MATERIAL FOR CLOTHING AND HABERSHINERY PURPOSE

Ю.И. Марущак, Н.Н. Ясинская
Yu.I. Marushchak, N.N. Yasinskaya

Витебский государственный технологический университет (Республика Беларусь)
Vitebsk State Technological University (Republic of Belarus)
E-mail: tonk.00@mail.ru, yasinskayaNN@rambler.ru

Разработана технология формирования полиуретанового покрытия на тканой основе (экокожа). Получены теоретико-экспериментальные и графические зависимости физико-механических свойств экокож от условий формирования полимерного покрытия (кратность вспененной полиуретановой композиции, продолжительность сушки). Разработана номенклатура показателей качества для экокож одежного и галантерейного назначения, в соответствии с которой исследованы физико-механических свойства. Установлено, что материалы устойчивы к действию пониженных (-20°C) и повышенных температур (до $+70^{\circ}\text{C}$). Получены экспериментальные данные влияния многократных мокрых обработок на эксплуатационные свойства экокож по результатам которых выработаны рекомендации по эксплуатации.

Ключевые слова: экокожа, полиуретан, мокрые обработки, физико-механические свойства, прогнозирование, воздействие температур, эксплуатационные свойства.

A technology has been developed for the formation of a polyurethane coating on a woven base (eco-leather). Theoretical, experimental and graphical dependences of the physical and mechanical properties of eco-leather on the conditions of formation of the polymer coating (multiplicity of polyurethane foam composition, drying duration) were obtained. A nomenclature of quality indicators for eco-leather for clothing and haberdashery purposes has been developed, in accordance with which the physical and mechanical properties have been studied. It has been established that the materials are resistant to low (-20°C) and elevated temperatures (up to $+70^{\circ}\text{C}$). Experimental data were obtained on the influence of repeated wet treatments on the performance properties of eco-leathers, based on the results of which recommendations for operation were developed.

Keywords: eco-leather, polyurethane, wet processing, physical and mechanical properties, forecasting, temperature effects, performance properties.

Главным направлением развития текстильной и легкой промышленности является создание инновационных материалов и изделий с улучшенными потребительскими и эксплуатационными характеристиками. Широкие возможности в этом направлении лежат в переходе к многослойным структурам, в том числе композиционным текстильным материалам. Особое место среди таких материалов занимают текстильные структуры с полимерными покрытиями (полиуретановые, ПВХ, полиамидные, полиэтиленовые). В частности, искусственные кожи, покрытие которых формируется посредством пропитки волокнистой основы или нанесением полимера на поверхность основы. Большинство искусственных кож с покрытием из высокомолекулярных соединений не обеспечивают материалу необходимых гигиенических показателей и физико-механических свойств, поскольку на поверхности образуется пленка полимера, перекрывающая поры текстильного материала, делая его непроницаемым для воздуха, пара и влаги. В настоящее время технологии производства искусственных кож совершенствуются и все большую популярность приобретают экокожи, которые представляют собой композиционные материалы, образованные сочетанием двух слоев. В качестве основы используется тканый материал, второй слой, лицевой – полиуретановое покрытие. Применение полиуретана обусловлено его свойствами: благодаря своей молекулярной структуре он обладает как прочностью, так и эластичностью, что является уникальным свойством. В отличие от винила он не требует

добавления пластификаторов, готовый материал с таким покрытием не растрескивается и не отслаивается.

Ранее в Республике Беларусь подобный ассортимент текстильных материалов для пошива одежды и галантерейных изделий импортировался из-за рубежа, в основном из Китая и Турции. В рамках совместного с ОАО «Барановичское производственное хлопчатобумажное объединение» (далее – БПХО) инновационного проекта «Создание и внедрение технологии нанесения покрытий на хлопчатобумажные ткани различного назначения» авторами и представителями предприятия разработана и внедрена технология [1] и выпущены опытные партии инновационной продукции – тканей с полиуретановым покрытием (экокожа).

Ткани с полимерным покрытием используются в различных отраслях промышленности. В основном это технические и обувные материалы. Однако эксплуатационные и потребительские свойства, влияние внешних факторов на свойства таких материалов, а также прогнозирование физико-механических свойств в зависимости от условий формирования полимерного покрытия изучены недостаточно. Следует учитывать, что в Республике Беларусь создание материала находится на стадии становления и развития, и технология нанесения покрытий нуждается в совершенствовании. Цель работы – оценка эксплуатационных и потребительских свойств экокож, установление закономерностей изменения свойств под действием внешних факторов с учетом условий эксплуатации готовых изделий, а также разработка методов прогнозирования физико-механических свойств в зависимости от условий формирования полимерного покрытия. Актуальность работы подтверждается тем, что выполнялась в соответствии с заданием ГПНИ 8.4.2.1 «Создание армирующих текстильных структур с заданными свойствами и технологии формирования многофункциональных композиционных материалов с использованием отечественной сырьевой базы» подпрограммы «Многофункциональные и композиционные материалы» государственной программы научных исследований «Материаловедение, новые материалы и технологии» на 2021-2025 годы.

В качестве объектов исследования выбраны образцы экокож, полученные в производственных условиях «БПХО». Исследуемые материалы представляют собой композиты, образованные сочетанием двух слоев. В качестве основы использовали хлопчатобумажную ткань полотняного переплетения поверхностной плотностью $166,0 \text{ г/м}^2$. Второй слой, лицевой – микропористое полиуретановое покрытие (СНТ, Германия). Наличие пор обусловлено механическим вспениванием полимерной композиции перед нанесением, что позволяет повысить качество продукции, придать ей новые эксплуатационные свойства, а также получить значительный экономический эффект. Характеристики полиуретановой дисперсии: массовая доля сухого остатка $40 \pm 2 \%$, динамическая вязкость при $(25,0 \pm 0,1)^\circ\text{C}$ не более $100 \text{ мПа}\cdot\text{с}$, ионный характер – анионный, показатель активности водородных ионов $8,0-9,0$ ед. рН. Нанесение полимерного покрытия осуществлялось на сушильно-ширильной машине шаберным способом (рис. 1). Способ сушки – конвективный. Температура в сушильной камере устанавливалась по секциям $(60-100^\circ\text{C})$. Температура фиксации – 130°C .

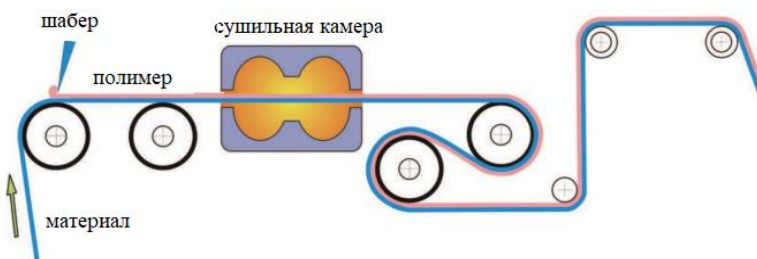


Рис. 1. Схема процесса нанесения полиуретанового покрытия

С целью прогнозирования свойств материала и оптимизации процесса нанесения покрытия проведены экспериментальные исследования влияния кратности пены полиуретановой композиции и продолжительности сушки на физико-механические свойства готового материала. Эксперимент проводился по матрице Коно с двумя повторностями в

каждой серии опытов. Для определения количества опытов проводили пробную серию дублирующих опытов и определяли минимально необходимое количество повторов [2]. Входные параметры: время сушки варьировали от 4 до 10 минут, интервал варьирования – 3, кратность от 1,25 до 1,75, интервал варьирования – 0,25. Выходные параметры: воздухопроницаемость, устойчивость лицевого покрытия к истиранию, паропроницаемость, жесткость. В результате обработки экспериментальных данных в программе Statistica for Windows получены теоретико-экспериментальные и графические зависимости (рис. 2) эксплуатационных свойств экокож от технологических режимов их получения, позволяющие выявить области рациональных решений при выборе эксплуатационных свойств в соответствии с требованиями заказчика [3].

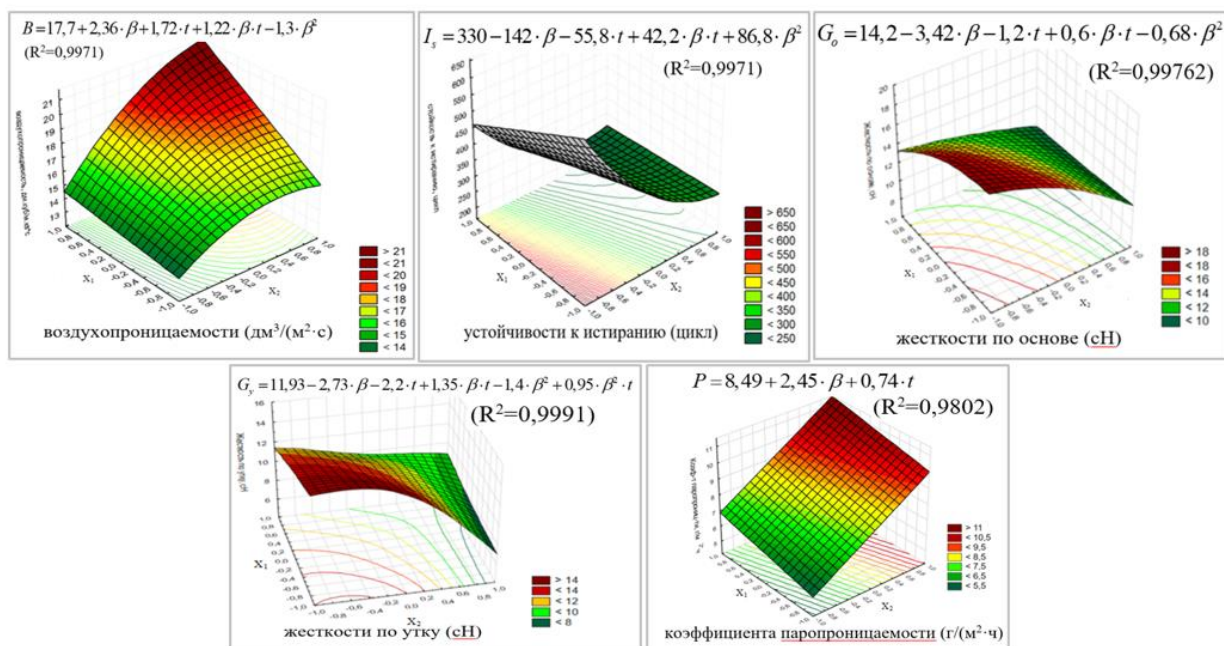


Рис. 2. Графические зависимости показателей от кратности пены и продолжительности сушки

Экспериментальные данные по воздухопроницаемости и устойчивости к истиранию, аппроксимируются моделями второго порядка, характеризующими минимальные и максимальные значения параметров в исследованном диапазоне влажного привеса. Показатель жесткость по утку имеет сложный характер взаимосвязи со свойствами пены и длительности сушки – неполные модели третьего порядка, однако очевидно, что с увеличением кратности пены жесткость материала снижается одновременно в двух направлениях (по основе и утку). Данные коэффициента паропроницаемости описываются линейной зависимостью от анализируемых факторов. Для получения образцов с высоким показателем воздухопроницаемости кратность пены должна составлять 1,75, а время сушки – 10 минут. Выбор значений технологических параметров на верхней границе варьирования позволит также повысить коэффициент паропроницаемости и снизить жесткость материала по основе и утку. Однако при этом снижается стойкость к истиранию до 300 циклов. С увеличением кратности пены уменьшается объем жидкости в ней, что приводит к уменьшению жесткости материала, улучшению его паро- и воздухопроницаемости. Полученные зависимости [3] можно рекомендовать при производстве тканей с полиуретановым покрытием (экокож) в зависимости от области их применения и требований заказчика.

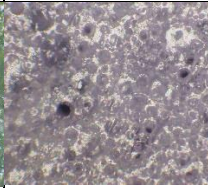
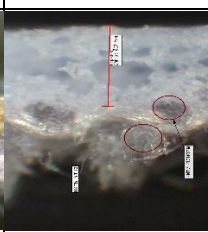
Требования к качеству экокож не регламентированы, а показатели качества искусственных кож, устанавливаемые ТНПА являются устаревшими и требуют дополнения, поскольку современные материалы с покрытием обладают новыми, улучшенными свойствами. В соответствии с этим авторами разработана номенклатура показателей качества

для экокож одежного и галантерейного назначения на основе экспертного опроса специалистов предприятий текстильной и легкой промышленности УО «ВГТУ» [4].

Для оценки качества текстильных материалов с покрытием проведены исследования потребительских и эксплуатационных свойств на основе разработанной номенклатуры показателей качества. В таблице 1 представлены результаты измерений.

Таблица 1

Потребительские и эксплуатационные свойства экокож

Показатель	Значения показателей			Методика
	Образец №1	Образец №2	Образец №3	
1	2	3	4	5
Толщина всего материала, мм	0,47	0,88	1,35	микроскоп Альтами МЕТ 5Т
Толщина полимерного слоя, мм	0,22	0,61	1,13	
Разрывная нагрузка, Н основа/уток	1213/759	1253/788	770/619	ГОСТ ISO 1421
Разрывное удлинение, % основа/уток	16,5/23,5	18/25,5	11,5/25,5	
Воздухопроницаемость, дм ³ /м ² ·с	38,7	43,9	64,7	ГОСТ 12088
Коэффициент паропроницаемости, мг/см ² ·ч	15,8	15,4	16	Гравиметри- ческий метод [1]
Жесткость, сН основа/уток	14,7/12,8	18,5/16,7	21,1/18,1	ГОСТ 8977
Микрофотографии поверхности				микроскоп Альтами МЕТ 5Т
Микрофотографии срезов				

По результатам установлено, что воздухопроницаемость опытных образцов является достаточно хорошей в сравнении с другими искусственными кожами, не пропускающими воздух. Результаты показали, что в первый период испытания (20 минут) происходит повышение коэффициента паропроницаемости, в течение которого происходило интенсивное заполнение пористой структуры материала парами влаги. В последующий промежуток времени увеличение показателей коэффициента паропроницаемости происходит менее динамично, а различия в показателях разных образцов менее выражены. Опытные образцы с PU покрытием обладают лучшей паропроницаемостью, чем, например, лаковые и хромовые

кожи с покрытием, что дает преимущество исследуемому материалу перед некоторыми видами кож.

Для исследования влияния пониженных и повышенных температур на физико-механические свойства эконож часть образцов подвергалась 10-ти циклам воздействия «замораживание – оттаивание» при $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, а часть образцов – «нагревание-охлаждение» при $+35\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$. Интервалы заморозки/нагревания и оттаивание/охлаждение составили 8 часов. Выбор температур и интервалов определены в результате анализа научной литературы, посвященной исследованиям в данной области [5]. На рис. 3 представлены диаграммы, отражающие результаты измерения разрывной нагрузки и разрывного удлинения эконож.

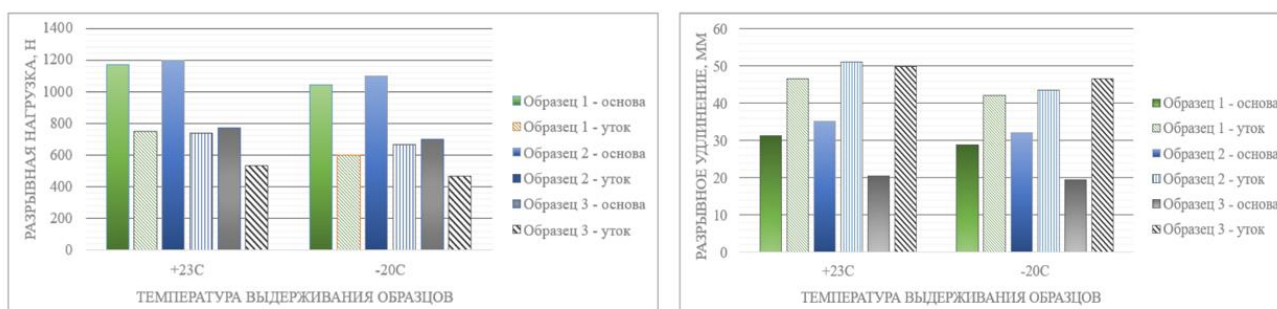


Рис. 3. Разрывная нагрузка и разрывное удлинение эконож

В условиях пониженных температур ($-20\text{ }^{\circ}\text{C}$) значения разрывной нагрузки и разрывного удлинения снижаются. При понижении температуры движения молекулярных сегментов замораживаются, и материал становится жестким, с малым удлинением при разрыве. Результаты исследований показали, что снижение температуры до $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ не является критичным и числовые значения разрывной нагрузки и удлинения при разрыве находятся в диапазоне допустимых. Влияние пониженной температуры не оказывает существенного влияния на воздухопроницаемость, значение показателя варьируется в рамках нормы. Падение коэффициента паропроницаемости для образцов не превышает 7%. Поверхность образцов устойчива к одновременному действию пониженных температур и многократного изгибу.

Повышение температуры до $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ не оказывает существенного влияния на физико-механические свойства образцов. При нагреве образцов до $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ прочность снижается примерно на 14% для образца №1, на 20% для образца №2 и на 12% для образца №3. Наиболее негативное воздействие повышенной температуры сказывается на воздухопроницаемости, падение которой составляет около 35%. Снижение коэффициента паропроницаемости образцов составило 4-5%. Такие изменения физико-механических свойств происходят под влиянием тепла, так как происходит деструкция полимерного слоя.

В процессе эксплуатации текстильные материалы и изделия из них подвергаются различного рода загрязнениям, для устранения которых используется процесс стирок. При воздействии стирок материал подвергается комплексному воздействию физико-механических и химических факторов, что приводит к старению материала, которое негативно отражается на физико-механических свойствах и приводит к уменьшению срока эксплуатации изделия. Актуальным является изучения влияния стирок на физико-механические свойства эконож и подбор оптимального режима эксплуатации. Проведены исследования влияния стирок на окраску, истираемость лицевого покрытия, воздухопроницаемость и линейные размеры тканей с полиуретановым покрытием. Образцы подвергались 5, 10 и 15 мокрым обработкам при температуре $40\text{ }^{\circ}\text{C}$. После каждой мокрой обработки образцы подвергались полосканию 5 минут и отжиму вручную без скручивания. Далее элементарные пробы выдерживали в стандартных климатических условиях в расправленном виде.

По результатам исследований установлено, что окраска отечественных эконож устойчива к действию стирок в соответствии с ГОСТ 9733.0-83. При увеличении количества стирок (до 15) снижается воздухопроницаемость и устойчивость полимерного покрытия к истиранию, что обусловлено увеличением плотности ткани-основы после мокрых обработок,

однако значение показателя находится в рамках нормы. Зависимость воздухопроницаемости экокож от количества стирок с высокой степенью достоверности аппроксимации описывается логарифмическим законом. Износостойкость тканей с полиуретановым покрытием после многократных стирок снижается в целом на 5,1-15 %. Зависимость истираемости лицевого полиуретанового покрытия материала от количества стирок с высокой степенью достоверности аппроксимации описывается линейным законом. Влияние стирок на изменение линейных размеров исследуемых материалов по утку минимально – усадка не превышает 1%. Все исследуемые образцы экокож имели наибольшую усадку в направлении основы 0,6-5,2%. По результатам исследований составлены рекомендации по эксплуатации тканей с полиуретановым покрытием: ручная мокрая обработка 30-60 минут при температуре 40 °С, отжим вручную, сушка на ровной поверхности, желательно без попадания прямых солнечных лучей. В качестве чистящих средств применять бытовые порошки без содержания хлора. Оптимально применять мягкие гели для стирки. Допустима мокрая обработка с другими материалами. Глажение материала допустимо с изнаночной стороны через хлопчатобумажную ткань.

Дизайнерами кафедры «Дизайна и моды» УО «ВГТУ» отшита коллекция одежды (рис. 4) из опытной партии экокож, которая демонстрируется на многочисленных выставках Республики Беларусь и Российской Федерации, получает одобрение от технологов швейного производства, других специалистов текстильной и легкой промышленности, потребителей, а также проходит опытную носку.

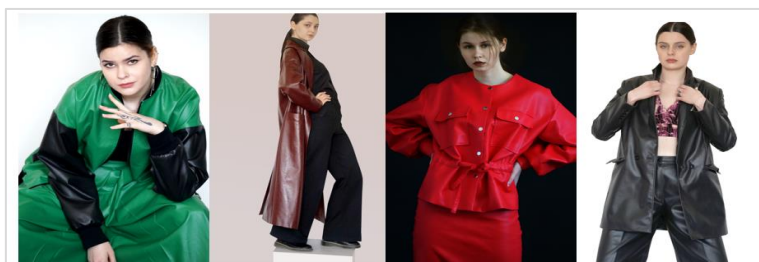


Рис. 4. Коллекция одежды из экокожи

Разработанная технология формирования полиуретанового покрытия на тканой основе внедрена на предприятии «БПХО», что подтверждается актом о внедрении НИР. Разработаны и внедрены технические условия ТУ ВУ 200166488.205-2023 «Ткани одежные с полиуретановым покрытием», ТУ ВУ 200166488.204-2023 «Ткани галантерейные с полиуретановым покрытием». По результатам работы имеются акты внедрения в производство и учебный процесс.

ЛИТЕРАТУРА

1. Марущак, Ю.И. Исследование влияния кратности пены и времени сушки полимерного слоя на качество экокож. – сборник материалов Всероссийской науч. конф. молодых исследователей с междун. участием. Часть 2. – М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2023. – С. 238-241.
2. Бойко, А.Ф. Точный метод расчета необходимого количества повторных опытов Вестник Белгородского госу-го технол-го университета им. В.Г. Шухова. – 2016, № 8. – С. 128-132.
3. Марущак, Ю.И. Исследование влияния свойств пены на потребительские свойства материалов с покрытием. – 56-ая Междун. научно-практ. конф. – Витебск, 2023. – С. 470-472.
4. Марущак Ю.И., Разработка номенклатуры показателей качества и оценка свойств экокож / журнал «Известия высших учебных заведений. ТТП» № 2 (404). – Иваново, 2023. – С. 103-111.
5. Бешапошникова В.И., Исследование влияния низких температур на структуру и свойства мембранных тканей для одежды. – Theoretical&Applied science, №11, 2018. – С. 54-61.

**ВЛИЯНИЕ МНОГОЦИКЛОВЫХ ИСПЫТАНИЙ НА ИСТИРАНИЕ НА
АНТИСТАТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТКАНЕЙ ДЛЯ СПЕЦОДЕЖДЫ**

**INFLUENCE OF MULTI-CYCLE ABRASION TESTS 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

В статье рассмотрено влияние многоцикловых испытаний на антистатические свойства тканей для спецодежды. Фактором, воздействующим на материал, выбран такой процесс как истирание. Для установления изменения антистатических свойств выбрана методика определения устойчивости текстильных материалов к истиранию методом Мартиндейла, содержащая изменения, необходимые для испытания образцов заданного размера. Определена зависимость удельного поверхностного электрического сопротивления от количества циклов истирания.

Ключевые слова: антистатические свойства; ткани для спецодежды; многоцикловые испытания; истирание; метод Мартиндейла.

The article examines the influence of multi-cycle tests on the antistatic properties of fabrics for workwear. The factor influencing the material is a process such as abrasion. To establish changes in antistatic properties, a method was chosen for determining the resistance of textile materials to abrasion using the Martindale method, containing the changes necessary for testing samples of a given size. The dependence of the specific surface electrical resistance on the number of abrasion cycles has been determined.

Keywords: antistatic properties; fabrics for workwear; multi-cycle tests; abrasion; Martindale method.

В настоящее время разработка текстильных материалов с антистатическими и экранирующими свойствами является одним из наиболее перспективных направлений развития ассортимента материалов технического назначения. Существует множество способов придания текстильным нитям антистатических свойств, основными из которых на сегодняшний день являются нанесение на поверхность синтетических нитей тонкого слоя металлизированного или углеродного покрытия и использование электропроводящих компонентов в структуре нитей [1, с.74]. Одним из наиболее часто используемых электропроводящих компонентов в настоящее время является стальное волокно Bekinox. Данное волокно представляет собой отрезки проволоки из нержавеющей стали.

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. Важно отметить, что в течение установленного срока эксплуатации спецодежды свойства материалов должны сохраняться на требуемом уровне. В процессе использования отдельные участки и детали спецодежды претерпевают растяжение, изгиб, сжатие, сдвиг, истирание при трении ткани о ткань. При многократных воздействиях этих изнашивающих факторов защитные свойства тканей могут снижаться задолго до появления их видимых повреждений.

Истирание, особенно у тканей для верхней одежды, является одним из основных факторов, приводящих к ухудшению свойств текстильных изделий в процессе их эксплуатации, а в отдельных случаях, делающих невозможным дальнейшее использование изделий по назначению. Стойкость ткани к истиранию характеризует способность ткани противостоять истирающим воздействиям и является важнейшим показателем качества тканей. Поэтому показатель стойкости ткани к истиранию входит в состав основных эксплуатационных требований, предъявляемых к тканям различного назначения. Механизм

разрушения тканей от истирания сложен и носит в основном усталостный (фрикционный) характер, то есть разрушение идет постепенно в результате необратимых изменений в структуре материала [2, с.737].

С учетом специфических требований, предъявляемым к антистатическим тканям, целью данной работы стало установление зависимости удельного поверхностного электрического сопротивления антистатических тканей от количества циклов истирания.

В качестве объекта исследования была выбрана ткань для спецодежды ПОЛЕТ-М (артикул 06С27-КВ) производства ОАО «Моготекс», предназначенная для изготовления одежды работников АЗС и нефтегазового комплекса и содержащая в своей структуре антистатические нити [3]. В исследуемом материале антистатические нити располагаются в виде сетки с размером ячейки 10×10 мм.

Для установления изменения антистатических свойств выбрана методика определения устойчивости текстильных материалов к истиранию методом Мартиндейла по ГОСТ ISO 12947-2-2014. Выбор данной методики обусловлен тем, что стандартная методика с применением прибора ДИТ-М не подходит для тканей, с применением металлических и металлизированных нитей. Это обусловлено принципом работы прибора. При разрушении испытуемых образцов прибор ДИТ-М автоматически выключается в результате контакта нихромовой проволоки с грибком во время испытания хлопчатобумажных и шёлковых тканей и в результате контакта токопроводящей резины со щупами – во время испытания льняных тканей. Метод Мартиндейла распространяется на все виды текстильных материалов и позволяет определить момент разрушения путем оценки через фиксированные интервалы, что в целях проводимого исследования предоставит возможность испытать материал, избежав его непосредственного разрыва.

Несмотря на все преимущества, данная методика потребовала внесения изменений в процесс проведения испытаний, так как для определения удельного поверхностного электрического сопротивления необходима большая рабочая зона: образцы для испытаний на приборе ИЭСТП-2 должны соответствовать размерам $200 \text{ мм} \times 100 \text{ мм}$, так как диаметр электродов составляет примерно 70 мм . Диаметр проб, заправляемых в держатели для истирания по методу Мартиндейла, должен составлять 38 мм , что значительно меньше необходимых размеров. При этом диаметр абразивного материала при испытании на данном приборе составляет 140 мм . Исходя из этого, было принято решение поменять испытуемую пробу и абразивный материал местами и осуществлять воздействия абразива в двух зонах образца, который затем будет испытываться на приборе ИЭСТП-2 для оценки удельного поверхностного электрического сопротивления.

Для использования метода Мартиндейла применительно к решению поставленной задачи необходимо было оценить влияние расстояния между зонами истирания. В связи с этим был исследован процесс истирания с двумя вариантами взаимного расположения данных зон.

В процессе многоцикловых воздействий на материале может образовываться несколько областей, показанных на рис. 1 и 2:

0 – область, в которой истирание не происходит;

1 – область, в которой истирания осуществляется одним абразивом;

2 – область, в которой материал последовательно подвергся процессу истирания двумя абразивами.

Черным цветом на рисунках выделены области расположения электродов при испытании пробы на приборе ИЭСТП-2, окружности большего диаметра ограничивают зоны истирания. На рис. 1, присутствует область, где материал подвергся процессу истирания двумя абразивами, в отличие от рис. 2, где данная область отсутствует.

В соответствии с ГОСТ 11209-2014 стойкость к истиранию для хлопчатобумажных тканей с содержанием синтетических волокон от 20 до 50 % и поверхностной плотностью свыше 221 г/м^2 должна быть не менее 4500 циклов. Исходя из этого, для испытаний были выбраны два интервала: 3000 и 5000 циклов. Нагрузка на образец была выбрана с учетом вида испытываемой ткани. Для материалов, предназначенных для рабочей одежды, данное

значение равно (795 ± 7) г (номинальное давление 12 кПа). Испытательное оборудование и вспомогательные материалы выбирались по ISO 12947-1. Кондиционирование и испытания проводились при стандартных атмосферных условиях.

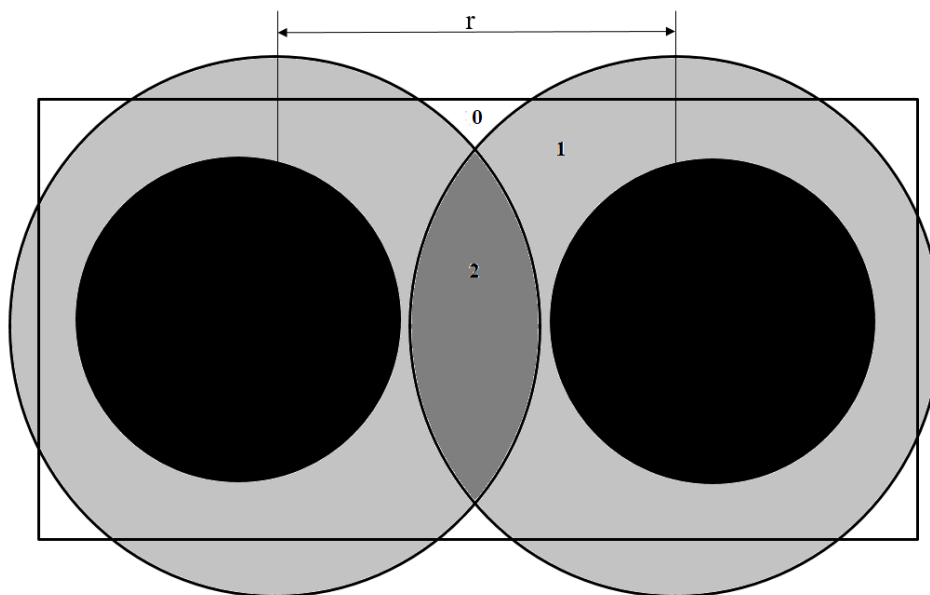


Рис.1. Схема испытания образца с расстоянием между центрами истираемых зон $r = 9,5$ см

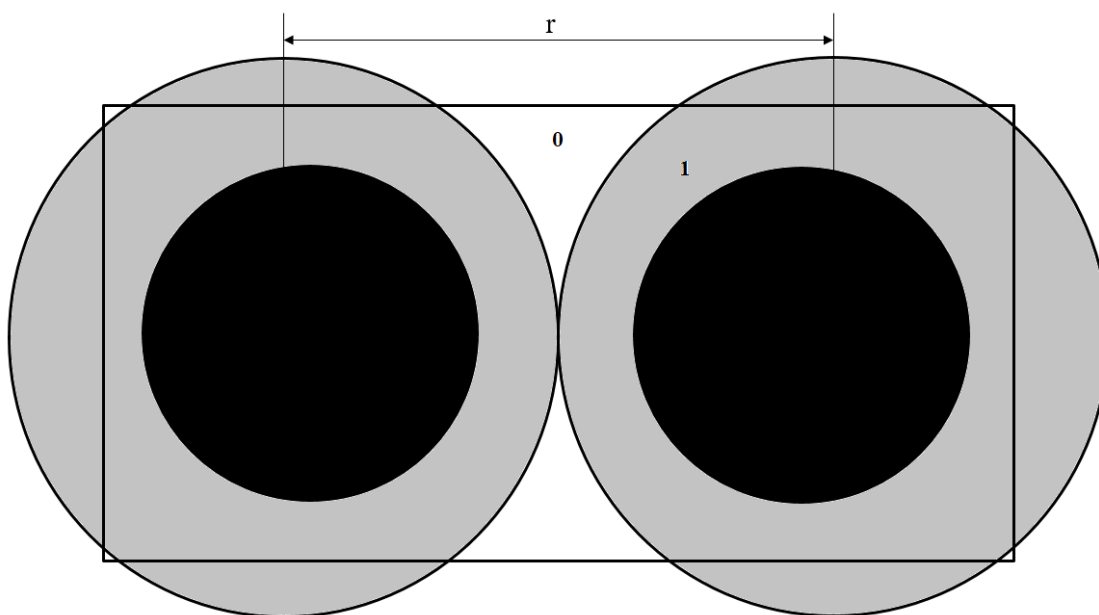


Рис. 2. Схема испытания образца с расстоянием между центрами истираемых зон $r = 12$ см

Абразив помещали по центру гайки держателя пробы лицевой стороной вниз, а испытуемую пробу устанавливали в качестве абразивного материала так, чтобы его лицевая сторона находилась наверху (рис.3).



Рис. 3. Истирание образцов по методу Мартиндейла

Удельное поверхностное электрическое сопротивление определялось с помощью прибора ИЭСП-2 в условиях Испытательного центра УО «ВГТУ». Испытания антистатических тканей при расстоянии между центрами зон истирания 9,5 см проводилось в течение 3 и 5 тысяч циклов, а при расстоянии 12 см – только в течение 3 тысяч циклов. Результаты испытаний представлены в таблице.

Таблица 1

Результаты экспериментальных исследований по оценке влияния истирания тканей на их удельное поверхностное электрическое сопротивление

	До испытаний	После испытаний		
		3000		5000
Количество циклов истирания	0			
Расстояние между центрами зон истирания, см	-	9,5	12	9,5
Удельное поверхностное электрическое сопротивление ткани, Ом	$4,86 \cdot 10^4$	$8,53 \cdot 10^4$	$8,50 \cdot 10^4$	$1,36 \cdot 10^5$

Анализируя экспериментальные данные, можно сделать вывод о том, что данные образцы соответствуют нормируемому значению удельного поверхностного электрического сопротивления. Из таблицы видно, что антистатические свойства тканей ухудшились почти в 2 раза после 3 тыс. циклов истирания. Следует отметить, что наличие области истирания двумя абразивами не повлияло на характер изменения свойств. После 5 тыс. циклов антистатические свойства снова заметно ухудшаются, что позволяет сделать вывод о том, что удельное поверхностное электрическое сопротивление продолжит возрастать по мере увеличения количества циклов испытания. Несмотря на это, образец выдерживает нормируемое значение количества циклов истирания и является антистатическим, что говорит о том, что данный материал подходит для применения в спецодежде.

Полученные результаты будут использованы для разработки методики проведения испытаний антистатических тканей на стойкость к истиранию, а также методов прогнозирования изменения их свойств в процессе эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рыклин, Д. Б. Определение влияния волокон Векінох на удельное поверхностное электрическое сопротивление тканей / Д. Б. Рыклин, Д. И. Кветковский // Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2021. - №2 (41). – С. 73-80.
2. Назарова, М.В. Исследование технологического режима выработки хлопчатобумажной ткани с целью получения ткани с максимальной стойкостью к истиранию / М.В. Назарова, Т.Л. Фелелова // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. - 2014. – №11. – С. 737-740.
3. ОАО «Моготекс» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mogotex.com/product/tkani-dlya-odezhdy/zashchita-ot-staticheskogo-elektrichestva/>. – Дата доступа: 04.09.2023.

ВЛИЯНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ МИКРОСФЕР НА ВЯЗКОСТЬ ПЛАСТИЗОЛЕЙ ПОЛИВИНИЛХЛОРИДА И РАСТВОРОВ ПОЛИЭФИРУРЕТАНА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ИСКУССТВЕННЫХ И СИНТЕТИЧЕСКИХ КОЖ

INFLUENCE OF THE CONTENT OF POLYMER MICROSPHERES ON THE VISCOSITY OF POLYVINYL CHLORIDE PLASTISOLS AND POLYESTER URETHANE SOLUTIONS IN THE PRODUCTION OF ARTIFICIAL AND SYNTHETIC LEATHER

Д.А. Медведева, А.Н. Полетаева, Г.М. Коваленко
D.A. Medvedeva, A.N. Poletaeva, G.M. Kovalenko

Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина
(Технологии. Дизайн. Искусство), (Москва)
The Kosygin State University of Russia (Moscow)
E-mail: darinamedvedeva49@gmail.com

В работе проанализировано влияние содержания наполнителя на вязкость пластизолов поливинилхлорида и растворов полиэфируретана.

Ключевые слова: наполненные полимерные композиционные материалы, полимерные микросферы, вязкость.

The work analyzed the effect of filler content on the viscosity of polyvinyl chloride plastisols and polyetherurethane solutions

Keywords: filled polymer composite material, polymer microspheres, viscosity

В современном мире к материалам и получаемым из них изделиям постоянно повышаются требования по эксплуатационным свойствам, которые обеспечиваются путем подбора исходного сырья и параметров технологического процесса.

Улучшение уже имеющихся свойств или придание новых возможно при введении модифицирующих добавок, а наиболее перспективным сырьем для модификации являются полимеры. Полимеры и материалы на их основе играют важнейшую роль в создании полимерных композиционных материалов. Это связано с большим разнообразием полимеров и достаточно высокой совместимостью с различными модифицирующими добавками.

Для создания полимерных композиционных материалов (ПКМ) с заданным комплексом свойств в качестве модифицирующих добавок чаще всего используют твердые дисперсные наполнители, отличающиеся по природе происхождения, активности, удельной поверхности, размеру и форме частиц. В большинстве случаев основной функцией наполнителей является удешевление получаемых изделий, уменьшение расхода основного полимерного компонента или придание каких-либо свойств, например, повышение теплоизоляции, увеличение прочности и жесткости, снижение горючести [1].

В настоящее время существует большое количество веществ, применяемых в качестве наполнителей и позволяющих получать ПКМ с необходимым набором специальных свойств.

Особым видом наполнителей для ПКМ являются микросферы. Микросферы представляют собой легкосыпучие мелкодисперсные порошки белого цвета размером от долей микрона до сотен микрон, состоящие из тонкостенной (0,5-2,0 мкм) оболочки пленкообразующего материала (рис. 1).

Микросферы же, по большей части, являются неактивным наполнителем, который влияет только на функциональные свойства материала, такие как снижение веса (микросферы легче полимерной матрицы, в которую они вводятся), повышение теплоизоляционных свойств, а также используется для создания пористой структуры (синтактные материалы).

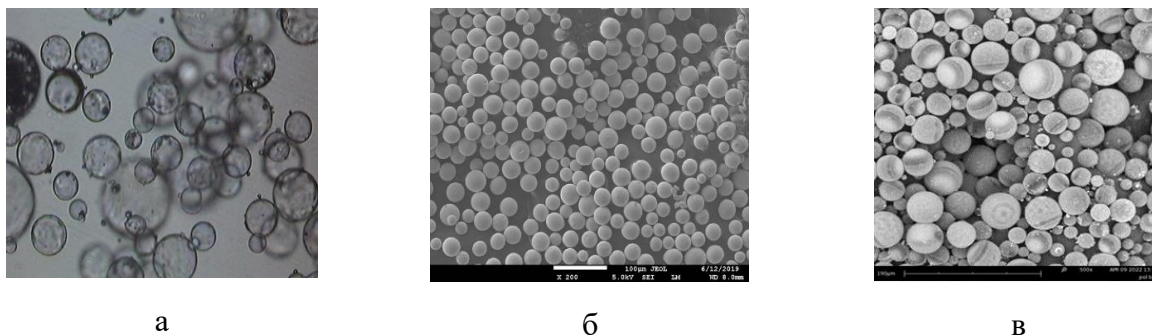


Рис. 1. Микрофотографии полых микросфер: а – кварцевых, б – стеклянных, в – полимерных

Чаще других применяют стеклянные микросферы (стеклосферы, ценосферы или эккосферы), получаемые из натрий-боросиликатного стекла. Находят применение алюмосиликатные микросферы (компоненты зольных отходов тепловых электростанций), углеродные микросферы, микросферы из оксидов циркония, диоксида кремния, перлита, керамики, фенолформальдегидной и эпоксидной смол, а также полимерные микросферы из полистирола и сополимеров стирола, акрилатов, полидиметилсилоксана, хитозана и др.

Основным поставщиком полимерных микросфер в РФ является компания «AkzoNobel» с микросферами Expancel. Они представляют полые сферической формы частицы, заполненные газом, заключенным в оболочку из термопластичного полимера. При нагревании давление газа внутри сферы увеличивается, термопластичная оболочка размягчается и утоньшается, в результате чего происходит увеличение объема микросферы почти в 3 раза (рис. 2). Однако, при этом необходимо учитывать свойства материала куда вводятся микросферы и сам тип микросфер, которые используются.



Рис. 2. Модель увеличения объема полимерных расширенных микросфер Expancel

Одним из перспективных областей применения полимерных микросфер Expancel является производство искусственных кож на основе поливинилхлорида (ПВХ) и полиэфируретана (ПЭУ) для придания коже вида аналогичного замше или нубука, а также для достижения матового эффекта.

При производстве искусственных, синтетических кож, тентовых и других материалов через ПВХ пластизоли и ПУ растворы процесс переработки в основном определяется значением вязкости, на которую влияет содержание введенного наполнителя.

В настоящей работе проанализировано влияние количества наполнителя в виде микросфер на вязкость ПВХ пластизолой и ПЭУ растворов, рецептуры которых приведены в таблицах 1, 2.

В качестве объектов исследования в работе были выбраны: полиэфируретан марки Витур ТМ-1413-85 (ООО НПФ «ВИТУР» (г. Владимир) в виде 25% раствора в диметилформамиде, на основе 4.4' дифенилметандиизоционата и полиэтиленбутиленгликольадипината при соотношении NCO:OH равным 1:1; поливинилхлорид микросуспензионный марки МС 372 NF (ООО «РУСВИНИЛ»

(Нижегородская область, г. Кстово); микросферы полимерные сухие нерасширенные марки Expancel 909 DU 80 (Expancel – Akzo Nobel Швеция) нерасширенные, с размером частиц 18-24 мкм, плотность составляет 0,01 г/см³. Стартовая температура начала расширения микросфер 120-130°C, конечная температура расширения 175-190°C. Микросферы наполнены газом изобутаном, заключенным в оболочку, состоящую из сополимера метилметакрилата, акрилонитрила и метакрилонитрила.

Таблица 1

Рецептура для приготовления пластизолей на основе поливинилхлорида

Наименование компонента	Содержание компонентов, м.ч. на 100 м.ч. полимера	Содержание, г	Содержание, мл
ПВХ-МС	100	40	–
Пластификатор 1 ДОТФ	75	–	29,5
Пластификатор 2 ДОО	5	–	1,8
Термостабилизатор ВZn	3	–	1,2
Полимерные микросферы Expancel марки 909 DU 80	1	0,4	–
	2	0,8	–
	3	1,2	–

Таблица 2

Рецептура для приготовления растворов полиэфируретана

Наименование компонента	Содержание компонентов, м.ч. на 100 м.ч. полимера	Содержание, г	Содержание, мл
Раствор ПУ	100	–	40
Полимерные микросферы Expancel марки	2	0,8	–
	4	1,6	
	6	2,4	

Вязкость чистого раствора полиэфируретана и содержащего микросферы, а также полластизолей ПВХ ненаполненного и наполненного микросферами измеряли с помощью вискозиметра непрерывного действия АМЕТЕК Brookfield DV-1. На основании полученным данным были построены зависимости вязкости от скорости сдвига (рис. 3 и 4).

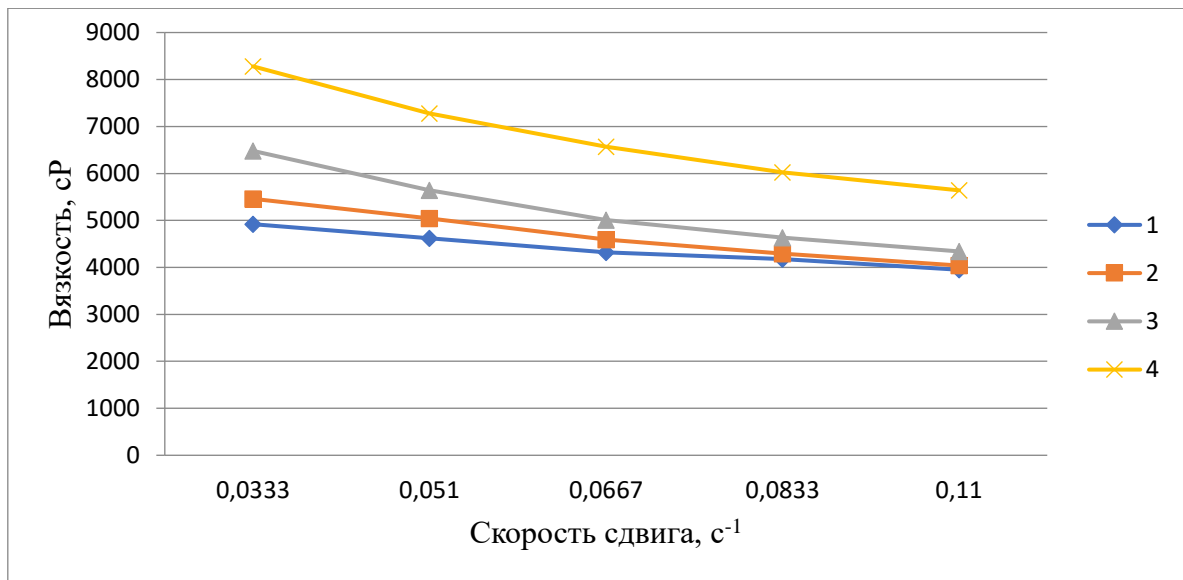


Рис. 3. Зависимость вязкости пластизоля ПВХ от скорости сдвига: 1 – без содержания микросфер, 2 – содержание микросфер 1 м.ч., 3 – содержание микросфер 2 м.ч., 4 – содержание микросфер 3 м.ч.

На графике рисунка 3 видно, что исходный раствор обладает вязкостью 4398 сР, аномалия вязкости не наблюдалась. При наполнении раствора микросферами вязкость увеличивается и составляет при 1 массовых частях наполнителя – 4685 сР, при 2 массовых частях – 5220 сР, при 3 массовых частях – 6758 сР.

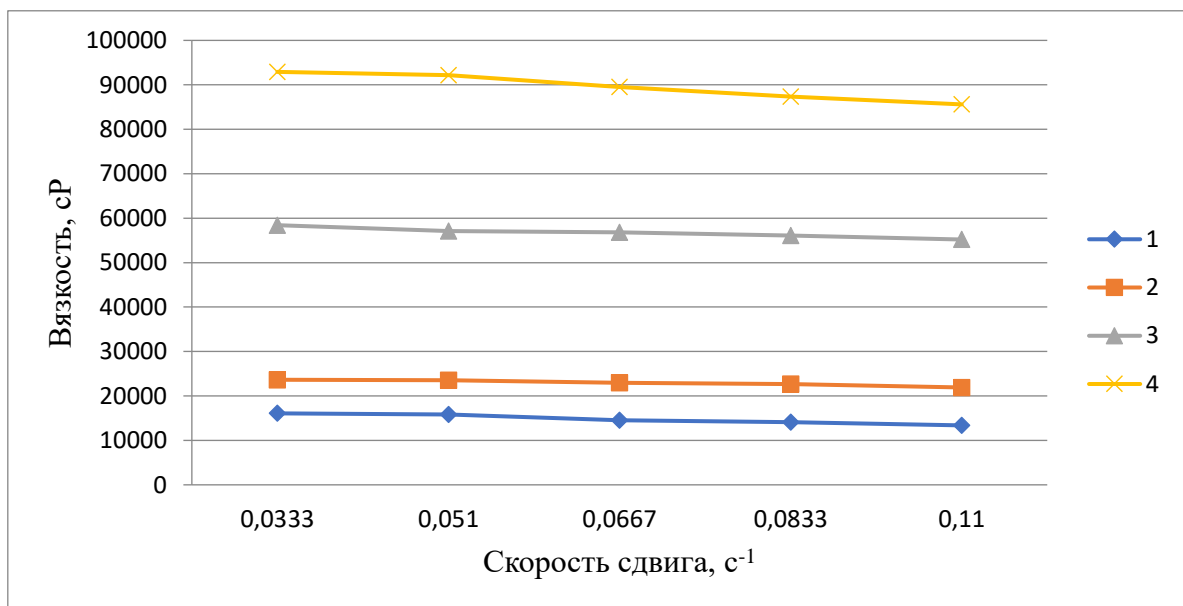


Рис. 4. Зависимость вязкости раствора ПЭУ от скорости сдвига: 1 – без содержания микросфер, 2 – содержание микросфер 2 м.ч., 3 – содержание микросфер 4 м.ч., 4 – содержание микросфер 6 м.ч.

На графике рисунка 4 видно, что исходный раствор обладает вязкостью 14794 сР, аномалия вязкости не наблюдалась. При наполнении раствора микросферами вязкость увеличивается и составляет при 2 массовых частях наполнителя – 22932 сР, при 4 массовых частях – 56720 сР, при 6 массовых частях – 89526 сР.

Таким образом, в работе проведены исследования по определению реологических характеристик пластизоля ПВХ и раствора ПЭУ не наполненных и наполненных сухими нерасширенными полимерными микросферами. Установлено, что количество содержания

наполнителя влияет на вязкость, а также при увеличении содержания наполнителя в полимерных матрицах в обоих случаях проявляется эффект аномалии вязкости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мазитова А. К. и др. Наполнители для полимерных композиционных материалов //Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал. – 2022. – Т. 14. – №. 4. – С. 294.
2. Кувардина Т. А., Кувардин Н. В., Фатьянова Е. А. Изучение эффекта действия микросфер Eхpanse1 //Поколение будущего: Взгляд молодых ученых-2020. – 2020. – С. 119-122.

**ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОЦЕССА РАБОТЫ СОВРЕМЕННОГО
КОНСТРУКТОРСКОГО БЮРО С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММ
ТРЕХМЕРНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОДЕЖДЫ**

**ORGANIZATION OF THE WORK PROCESS OF A MODERN DESIGN BUREAU USING
3D CLOTHING DESIGN PROGRAMS**

Е.В. Некрасова, Н.А. Сахарова
E.V. Nekrasova, N.A. Sakharova

Ивановский государственный политехнический университет
Ivanovo State Politechnical University
E-mail: normal.atelier@gmail.com, nata1_77@bk.ru

Приведены преимущества использования программ трехмерного проектирования одежды в рамках организации работы современного конструкторского бюро. Показана практика «Нормального ателье» (г.Тюмень), реализующего разработку лекал для различного рода заказчиков – представителей промышленных предприятий и дизайнерских авторских брендов.

Ключевые слова: fashion индустрия; бренд; цифровая мода; кастомизация; виртуальный дизайн, кастомизация.

The advantages of using three-dimensional clothing design programs in the work of a modern design office are given. The practice of the “Normal Atelier” (Tyumen) in developing patterns for representatives of industrial enterprises and designer brands is shown.

Key words: fashion industry; brand; digital fashion; customization; virtual design, customization.

Существующая в сфере индустрии моды модель бизнеса «дизайн – производство – продажа», ориентированная на максимизацию прибыли привела к проблеме перепроизводства. Именно поэтому в общей концепции устойчивого развития (SDGs) основная миссия цифровизации моды (digital fashion) обозначена, как переход от моды быстрой к моде медленной, этической. Нужно производить то, что пользуется спросом. Потребитель стал избирательнее и хочет персонализировать свой внешний вид и получить качественный продукт. Возрос интерес к онлайн ритейлу, а это значит, что есть возможность перехода на систему «дизайн – продажа – производство», когда вместо материальной модели производитель может предложить цифровой прототип и по отзывам покупателей понять, насколько она будет востребована.

Включение «цифры» в производственный процесс имеет ряд преимуществ на этапах планирования, производства и продажи.

На стадии планирования технологии трехмерного сканирования фигуры потребителя и 3D проектирования одежды позволяют:

- получать информацию об антропометрических и морфологических данных фигур, а значит реализовывать принцип кастомного дизайна [1];
- создавать неограниченное количество художественных образов модели за счет представления ее в разных цветовых, принтовых решениях;
- формировать ассортиментные матрицы и осуществлять более оперативную и открытую коммуникацию с заказчиком в форматах B2B (бизнес для бизнеса) и B2C (бизнес для потребителя);
- определять каналы продаж и целевую аудиторию [2-3].

В процессе производства применение цифровых прототипов позволяет ускорить процесс запуска новой модели благодаря цифровому обмену информацией между всеми членами продуктовой команды (формат открытого блокчейна), минимизировать количество

физических образцов, а значит выйти на экономию ресурсов – материальных, временных, трудовых.

На стадии продажи преимущества: возможность презентации моделей еще до их изготовления в материале, например, через собственный сайт, SMM, приложения AR/VR, онлайн каталоги, позволяющие увидеть модель как трехмерный объект со всех сторон. Активно позиционируется направление с виртуальными примерочными, конечная цель которых, дать возможность потребителю увидеть модель на скане своей фигуры, оценить и сделать заказ. Тем самым такой подход приведет к значительному снижению процента возврата готовой одежды из-за несоответствия размеров параметрам потребителя.

Введение виртуальной примерки, как обязательной стадии производства современной одежды, уже наблюдается в ряде зарубежных стран (КНР, Турции, Бангладеш, Индии и др.), в которых сосредоточены крупные швейные предприятия. В нашей стране в большей степени использование 3D технологий актуально для малых предприятий, конструкторских бюро.

В объеме настоящей работы представлен пример организации работы современного конструкторского бюро «Нормальное ателье» (г.Тюмень), ориентированного на работу с заказчиком на аутсорсинге с включением виртуальной примерки разрабатываемой модели.

Работая с 3D примеркой, конструкторское бюро имеет ряд преимуществ:

1. Появилась возможность работать с дизайнерами удаленно, отправлять уже согласованный заказчиком комплект лекал в 3D. Тем самым снижается риск от возможных разногласий и недопонимания на этапе проектирования.

2. Без изготовления первичного физического образца появилась возможность корректировки объемно-пространственной формы (ОПФ) модели, ее пропорциональных соотношений, проверки качества посадки на разные типы телосложений. Включение виртуальной примерки позволяет сначала внести изменения в цифровой прототип, а затем перейти к изготовлению физического образца, что сокращает затраты на раскрой и пошив.

3. Возможность реализации проектов, отличных от прет-а-порте. Акцент на креативный дизайн. 3D позволяет воплотить любую дизайнерскую идею и довести ее до уровня шаблонов деталей и лекал. В итоге количество экспериментальных образцов в материале сокращается до одного образца-эталона. При этом количество правок в 3D модели может достигать до 3-5.

4. Возможность проверки ОПФ моделей размера OneSize на разных размерах с целью определения рационального размерного диапазона.

5. Работа с принтами и паттернами, их масштабированием на цифровой модели и с последующим выходом на цифровую печать. Это дает возможность дизайнеру оценить общую эстетику модели.

6. Упрощается работа с корпоративными заказами и мерчами, так как до изготовления согласовывается визуальная составляющая с непрофессиональным заказчиком. Эта услуга нужна заказчику и команде конструкторского бюро для лучшего взаимопонимания и согласованной совместной работы над проектами. 3D примерка заложена в стоимость услуг и в среднем составляет 15-20% от разработки комплекта лекал на базовый размер.

На рис.1 представлен пример модели куртки, представленную в виде технического рисунка, 3D модели и материальной модели.

Представленный пример демонстрирует современный подход к использованию технологий трехмерного проектирования одежды, направленный на оптимизацию деятельности конструкторского бюро и решение задач по трансформации модели бизнеса в направлении ресурсосбережения.



Рис.1. Пример оформления информации о проектируемой модели в форматах технического рисунка, 3D прототипа и материальной модели

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузьмичев, В.Е. Разработка конструктивно-антропометрического обеспечения процесса конструирования одежды / В.Е. Кузьмичев, И.В. Жукова, Н.А. Сахарова // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – №6 (402). – 2022. – С.143-148
2. Сахарова, Н.А. Дигитализация индустрии моды. Новые возможности и перспективы развития/ Н.А.Сахарова, Н.А.Курышева, Л.В.Ларькина //Молодежь и системная модернизация страны: сборник научных статей междунар. научной конференции студентов и молодых ученых. – Курск: ЮЗГУ, 2022. – С.318-322
3. Кашицына, Н.Г. Использование технологий трехмерного проектирования для разработки коллекций одежды /Н.Г.Кашицына, Н.А.Сахарова, Б.А. Мохаммад // Молодые ученые – развитию национальной технологической инициативы (ПОИСК-2023): статья. – Иваново: ФГБОУ ВО ИВГПУ. - 2023. – С.601-603

ИССЛЕДОВАНИЕ ТРЕБОВАНИЙ И ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ НАТЯЖЕНИЯ НИТИ

STUDY OF REQUIREMENTS AND CHARACTERISTICS OF AUTOMATIC THREAD TENSION CONTROL SYSTEMS

С.А. Родионов¹, Р.Р. Аллямов², И.А. Суворов³
S.A. Rodionov¹, R.R. Allymov², I.A. Suvorov³

¹Ивановский государственный политехнический университет

²Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

³Ивановский государственный химико-технологический университет

¹Ivanovo State Polytechnic University

²Ivanovo fire-rescue Academy of State Fire Service of Russian Emergencies Ministry

³Ivanovo State University of Chemistry and Technology

E-mail: rodionov_s.a_1992@mail.ru,

Harley-davison47@mail.ru, unsuvorov@gmail.com

Системы автоматического регулирования натяжения нити играют важную роль в различных промышленных процессах, таких как текстильное производство, обработка материалов, швейное производство и другие. Они обеспечивают постоянное и точное управление натяжением нити, что в свою очередь влияет на качество и производительность этих процессов. В статье рассматриваются требования и характеристики систем автоматического регулирования натяжения нити, а также оптимальные параметры и функциональные возможности таких систем.

Ключевые слова: система натяжения нити, характеристики, автоматизация, автоматическое регулирование.

Automatic thread tension control systems play an important role in various industrial processes such as textile manufacturing, material processing, garment manufacturing and others. They provide constant and precise control of thread tension, which in turn affects the quality and productivity of these processes. The article discusses the requirements and characteristics of automatic thread tension control systems, as well as the optimal parameters and functionality of such systems.

Keywords: thread tension system, characteristics, automation, automatic control.

Целью данного исследования является проведение анализа требований и характеристик систем автоматического регулирования натяжения нити с целью определения оптимальных параметров и функциональных возможностей этих систем. Путем анализа и выявления основных требований к системам автоматического регулирования натяжения нити, а также исследования ключевых характеристик таких систем, наша работа направлена на создание понимания того, каким образом можно разработать и внедрить эффективные системы, способные обеспечивать стабильное натяжение нити в различных промышленных процессах. В исследовании авторы ставят перед собой задачу выявить факторы, влияющие на качество и производительность систем регулирования натяжения, и предложить практические рекомендации по их улучшению с целью повышения эффективности производства и улучшения качества конечной продукции.

Для достижения поставленной цели – определения оптимальных параметров и функциональных возможностей систем автоматического регулирования натяжения нити – необходимо провести более подробный анализ и исследование каждого из установленных требований. Это включает в себя более детальное рассмотрение различных типов нити и материалов, анализ влияния скорости производства на регулирование натяжения, разработку точных алгоритмов управления, а также оценку степени интеграции с смежными системами (рис.1).

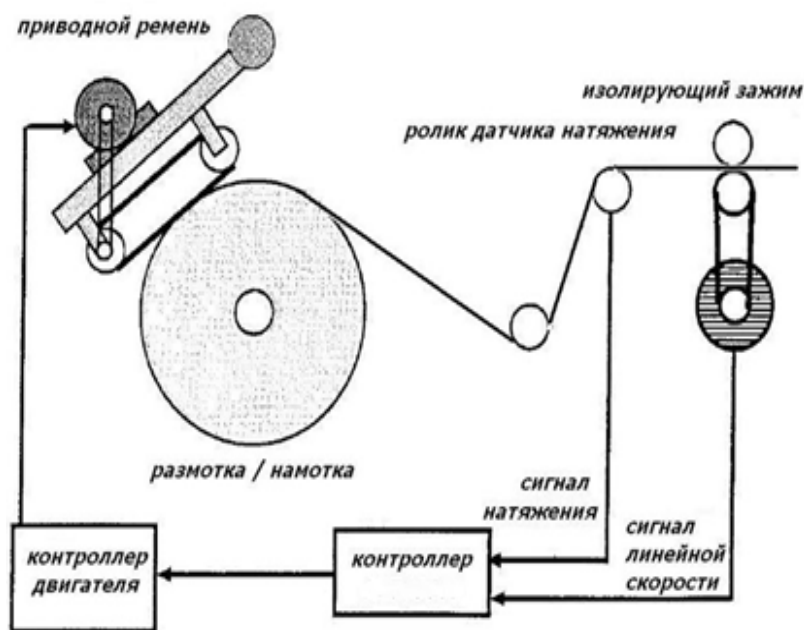


Рис. 1. Структурная схема системы автоматического контроля

Кроме того, необходимо провести сравнительный анализ существующих технологий и систем на рынке, чтобы выявить лучшие практики и возможности для оптимизации системы. Это позволит определить оптимальные параметры работы системы, которые могут варьироваться в зависимости от конкретных потребностей предприятия. [1]

Определение требований к системам автоматического регулирования натяжения нити является критически важным этапом в разработке эффективных систем, способных обеспечивать стабильное и надежное натяжение нити в промышленных процессах. Основные требования включают в себя учет типа нити и материала, скорости производства, точности и стабильности натяжения, а также интеграции с другими системами и управляемость. [2] Эти требования обеспечивают необходимость адаптации системы к конкретным условиям производства и гарантируют высокое качество производства при минимизации отходов и повышении безопасности рабочей среды.

Анализ и определение требований к системам автоматического регулирования натяжения нити позволяют разработчикам создавать решения, наиболее эффективно отвечающие потребностям конкретной промышленной сферы и обеспечивающие непрерывную и стабильную работу в процессе производства. [3-4] Это, в свою очередь, способствует повышению качества продукции, увеличению производительности и снижению эксплуатационных затрат, что делает такие системы неотъемлемой частью современных производственных процессов. Сравнительный анализ существующих технологий автоматического регулирования натяжения нити представляет собой ключевой этап при определении оптимальных параметров и функциональных возможностей таких систем. Ниже рассмотрены основные аспекты сравнительного анализа:

- анализ существующих технологий позволяет выявить различные типы датчиков, используемых для измерения натяжения нити. Среди них могут быть датчики натяжения, ультразвуковые, оптические, механические и другие. Оценка их эффективности и точности является важным аспектом сравнительного анализа;

- сравнение различных алгоритмов управления, используемых в существующих системах, позволяет определить, какие из них обеспечивают наилучшую стабильность и реакцию на изменения натяжения нити. Это может включать в себя пропорционально-интегрально-дифференциальные (ПИД) регуляторы, адаптивные алгоритмы и другие методы;

– возможность интеграции существующих систем автоматического регулирования натяжения с другими устройствами и программными решениями в производственном процессе. Это позволит снизить сложность обновления и управления;

– анализ надежности существующих систем включает оценку истории отказов, а также меры, принимаемые для обеспечения безопасности операторов и процессов;

– сравнение производительности различных технологий в различных условиях производства позволяет определить, какие системы обеспечивают наилучшую эффективность и экономическую выгоду;

– оценка затрат на внедрение и обслуживание различных технологий помогает определить оптимальное решение с точки зрения финансов.

Сравнительный анализ существующих технологий автоматического регулирования натяжения нити позволяет выявить преимущества и ограничения различных подходов. Проведенный анализ позволяет определить оптимальные параметры и функциональности для разрабатываемой системы, что в конечном итоге способствует достижению поставленной цели - обеспечению стабильного и высококачественного регулирования натяжения нити в промышленных процессах. [5-7]

Статистика учета простоев станков на предприятиях текстильной промышленности показывает, что 28 % простоев вызвано обрывами нити, а также поломками, из-за переизбыточного натяжения, в паре игла-клин. Решение задач минимизации простоев и поломок данных частей оборудования, возможно получить путем автоматического регулирования натяжения нити. [8]

Исследование требований и характеристик систем автоматического регулирования натяжения нити представляет собой критически важный этап в разработке и внедрении таких систем в промышленных процессах. В данной статье были рассмотрены ключевые аспекты, которые следует учитывать при определении оптимальных параметров и функциональных возможностей систем автоматического регулирования натяжения нити.

Системы автоматического регулирования натяжения нити играют важную роль в обеспечении качества продукции, увеличении производительности, сокращении расходов на материалы и обеспечении безопасности производственных процессов. Они способны адаптироваться к разным типам нити и материалам, обеспечивая стабильное натяжение на высокой скорости производства. Кроме того, системы автоматического регулирования могут интегрироваться с другими системами и предоставлять операторам удобные средства управления и мониторинга. Правильное определение требований и характеристик системы является основой для успешной реализации проекта по автоматическому регулированию натяжения нити. Оно позволяет создать систему, которая соответствует уникальным потребностям производства, обеспечивая стабильное и высококачественное производство. Важно также обратить внимание на надежность и безопасность системы, чтобы избежать аварийных ситуаций и снизить риски для операторов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Киселев В.М. Фазовые системы числового программного управления станками. М.: Машиностроение, 1976,-352 с.
2. Ковчин С.А. Основные вопросы теории и принципы построения точных систем электропривода. Дисс. на соискание ученой степени докт.техн.наук. Л.: 1973.
3. Комплектные системы управления электроприводами тяжелых металлорежущих станков / Под ред. А.Д.Поздеева. М.: Энергия, 1980,-288 с.
4. Коновалов Г.Ф., Коноваленко О.В. Системы автоматического управления с электромагнитными порошковыми муфтами. М.: Машиностроение, 1976,-156 с.
5. Красовский А.А., Поспелов Г.С. Основы автоматики и технической кибернетики. М.-Л.: Госэнергоиздат, 1962,-600 с.

6. Лазарев С.А. Динамические характеристики объекта регулирования в электроприводе намоточно-размоточных устройств.-В кн.: Электрооборудование промышленных предприятий.Вып.7,-Чебоксары: Чув.госуниверситет, 1979, с.ЮЗ-Ш.
7. Лазарев С. А. Синтез АСР натяжения перематывающего механизма при управлении по цепи возбуждения тормозного генератора. В кн.: Электрооборудование промышленных предприятий. - Чебоксары: Чув.госуниверситет, 1982, с.38-44.
8. Аллямов, Р. Р. Динамический анализ ткацких станков типа СТБ / Р. Р. Аллямов, А. А. Максимов, А. А. Тувин // Современные наукоемкие технологии. – 2019. – № 10-1. – С. 9-14.
9. Блинов О.В., Кузнецов В.Б., Калинин Е.Н., Влияние растворов поверхностно-активных веществ на триботехнические свойства текстильных материалов в паре трения «ткань – транспортирующий ролик» «Известия вузов. Технология текстильной промышленности», Выпуск № 2 – 2022, №2. С. 233-237.

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ СВЕТОЗАЩИТНОГО ТЕКСТИЛЯ

TECHNOLOGY FOR OBTAINING LIGHT-PROOF TEXTILE

А.Н. Русакова, Р.Н. Зыков, О.В. Козлова
A.N. Rusakova, R.N. Zykov, O.V. Kozlova

Ивановский государственный химико-технологический университет
Ivanovo State University of Chemical Technology
E-mail: ovk-56@mail.ru

Работа посвящена разработке технологии получения светонепроницаемых текстильных материалов путем дублирования материалов. Показано, что при использовании эффективных полимерно-клеевых наполненных композиций, используемых для термосклеивания двух текстильных материалов, появляется возможность получения дублированного материала, в котором при хорошей прочности склеивания воспроизводятся светозащитные свойства и сохраняется колористический дизайн рисунка.

Ключевые слова: текстильные материалы, светонепроницаемость, полимерно-клеевые композиции, минеральные наполнители, пигмент, каолин.

The work is devoted to the development of technology for obtaining opaque textile materials by duplicating materials. It is shown that when using effective polymer-adhesive filled compositions used for thermal bonding of two textile materials, it becomes possible to obtain a duplicated material, in which, with good bonding strength, opaque properties are reproduced and the color design of the pattern is preserved.

Key words: textile materials, light-shielding properties, polymer-adhesive compositions, mineral fillers, pigment, kaolin.

Современные технологии создания элитных светонепроницаемых штор и занавесей типа Blackout – трудоёмкий и дорогостоящий процесс: наружный слой представляет собой декоративную ткань с сатиновым переплетением нитей, а внутри пропущена черная полиэфирная нить, которая поглощает свет. Для получения максимальной светонепроницаемости на слой ткани наносится акриловая пена. Данный процесс является трудо- и энергозатратным и, соответственно, ткань становится дорогой [1].

В связи со сказанным нами принято решение использовать принцип создания дублированных волокнистых материалов (ДВМ) на основе отечественных наполненных полимеров, разработанный в ранних работах кафедры, для разработки более дешевой технологии создания светонепроницаемых материалов, ничем не уступающей по качеству технологии создания штор Blackout.



Рис. 1. Вид материалов для дублирования

В качестве объектов исследования для создания дублированных текстильных материалов со светонепроницаемыми свойствами выбраны материалы: изнаночная сторона

(подложка) – облегченный полиэфир 100% с однотонным окрашиванием; лицевая сторона (внешняя) – льняная ткань с декоративным печатным рисунком. Такими материалами могут быть легкие трикотажные полотна, хлопчатобумажные и синтетические материалы с фактурной поверхностью.

Оба текстильных материала по структуре являются прозрачными, и даже сдвоенный материал на фоне люминесцентной лампы хорошо пропускает свет, так как ткани сами по себе имеют небольшую поверхностную плотность (рисунок 1).

Для заполнения межволоконного пространства принято решение использовать пигменты минеральной природы, которые классически используют в качестве грунтов: белый и черный пигмент.

При необходимости затемнения ткани лучше применять черный пигмент, а для создания изделий декоративного назначения, не ухудшая их колористических свойств окрасок и рисунков целесообразнее использовать белый пигмент.

Найдены оптимальные концентрации белого пигмента, вводимого в полимерно-клеевую композицию (ПКК) на основе акрилового полимера (связующего) и акрилового загустителя, а также оценена эффективность его применения в различных концентрациях.

Подбор концентраций белого пигмента проводили на одном из волокнистых компонентов – полиэфирной основе. Композицию наносили на ткань в один слой ракельным способом. Далее после сушки при 80°C оценивали как визуально, так и с помощью спектрофотометра YS 3010 светопропускаемость через модифицированный материал.

Косвенной оценкой этого показателя выбрана светлота L образцов. Для большей чувствительности метода, оценивающего минимальные по размеру светопропускаемые пространства в ткани (межниточные и межволоконные), образцы помещались последовательно на белую и затем на черную подложку. Разница между показателями светлоты должна быть минимальной или отсутствовать вообще.



Рис. 2. Зависимость показателя светлоты L от концентрации пигмента в полимерно-клеевой композиции

На рис. 2 отображена зависимость показателя светлоты L от концентрации пигмента. Из полученных образцов видно, что наилучшее заполнение межволоконного пространства достигается при концентрации пигмента 200 г/кг. Однако такая высокая концентрация приведет к удорожанию композиции и, в конечном итоге, самого материала.

Известно, что введение в полимерно-красочные системы минеральных наполнителей способствует более равномерному нанесению красок за счет лучшей укрывистости поверхности. Поэтому на следующем этапе работы нами оценены свойства светопропускаемости ткани с применением в композиции наряду с белым пигментом минерального наполнителя.

Ранее было показано, что наиболее эффективным наполнителем явился каолин, так как он дает равномерную укрывистость поверхности текстильного материала. Применение в полимерной композиции только каолина хотя и дает положительный результат по заполнению межволоконных пространств, однако ткань все же остается светопропускаемой даже при увеличении количества нанесений от 1 до 3 слоев.

Совместное присутствие белого пигмента и каолина в ПКК положительно решает задачу получения эффекта светонепроницаемости текстильного материала. Эффект прозрачности (светопропускаемости) образца, оцененный по светлоте L , представлен в таблице 1.

Таблица 1

Цветовые характеристики полиэфирного материала

Состав композиции	Кол-во слоев	a	b	$L_{\text{черн}}$	$L_{\text{бел}}$	ΔL
Эталон без пигмента		2,6	4,72	59,0	65,7	
связующее загуститель пигмент белый	1	2,4	5,0	70,6	84,6	14
	2	2,44	5,17	76,4	88,6	12,2
	3	1,58	2,68	78,4	89,0	10,6
связующее загуститель пигмент белый каолин	1	2,6	5,1	72,5	78,8	6,3
	2	1,58	2,93	82,6	87,6	5,0
	3	1,49	3,68	86,7	87,9	1,2

Полученные результаты свидетельствуют, что образец, обработанный композицией с белым пигментом и каолином, дает наилучшие результаты, особенно при трехкратном нанесении. Межволоконное пространство заполняется плотно, укрывистость равномерная.

Цветовые характеристики дублированных образцов, приведенные на рис. 3, изменяются при увеличении концентрации пигмента белого от 50 до 500 г/кг (рисунок 3,а) и количества нанесенных слоев композиции от 1 до 3 (рисунок 3,б).

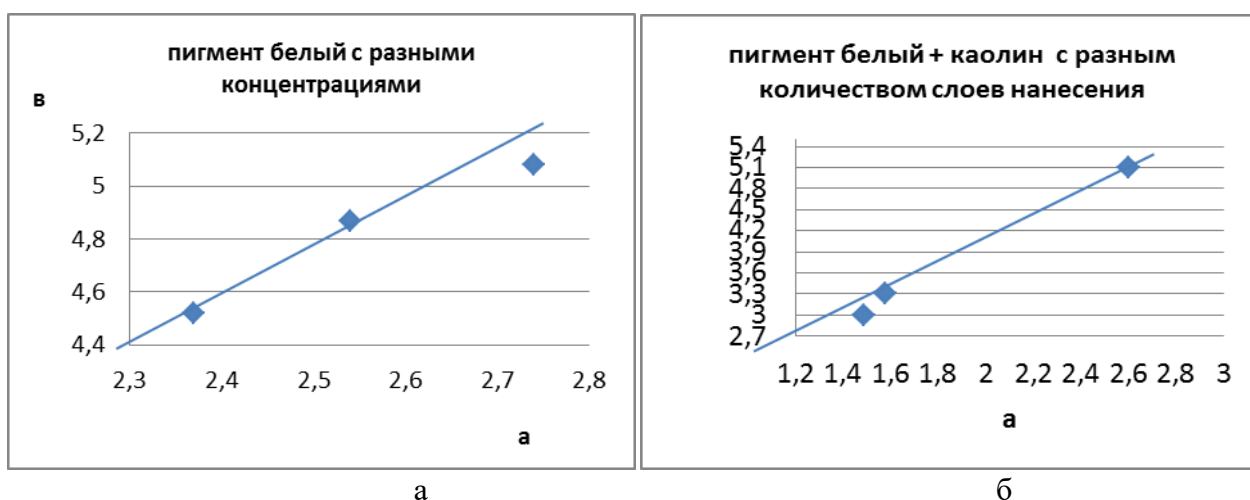


Рис. 3. Цветовые характеристики дублированных образцов: а – при концентрациях пигмента белого от 50 до 200 г/кг; б – при различном количестве нанесенных слоев композиции, включающей пигмент белый и каолин в соотношении 5:1

Далее полиэфирную ткань с нанесенной на нее композицией посредством термопресса соединяли с льняной тканью. Условия термообработки были исследованы и выбраны в ранних работах ученых кафедры [2]. Качество склеивания текстильных материалов оценивали путем отрыва на разрывной машине. В результате получен дублированный светозащитный

материал, в котором при хорошей прочности склеивания воспроизводятся светонепроницаемые свойства и сохраняется колористический дизайн рисунка. При этом гриф получаемого материала мягок, остается возможность легкой драпируемости.

Учитывая, что классически количество минеральных наполнителей в полимерной композиции не должно превышать 15 %, а также рассматривая фактор цена-качество, нами белый пигмент и каолин взяты в соотношении 5:1 и общее количество наполнителей не превышало 150 г/кг.

Таким образом, показана реальная возможность создания дублированных материалов со светозащитными свойствами, не уступающих по своим функциональным свойствам зарубежным аналогам. Причем технология проста, реализуется с помощью действующего оборудования и легкодоступных и недорогих отечественных реагентов и материалов.

Работа выполнена в рамках Государственного задания на выполнение НИР, тема № FZZW-2023-0008 с использованием ресурсов Центра коллективного пользования научным оборудованием ИГХТУ (при поддержке Минобрнауки России, соглашение № 075-15-2021-671)

ЛИТЕРАТУРА

1. <https://tkac.ru/tkani/blekaut.html> Что такое блэкаут и где он появился. (дата обращения 13.03.2023)
2. Одинцова, О.И. и др. Полимерно-клеевые композиции с мембранными свойствами для дублирования волокнистых материалов // О.И.Одинцова, Е.В.Румянцев, О.В. Козлова, В.Е.Румянцева, Е.Г. Полушин, А.Н. Русакова / Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности 2020. №6 (390). С.127-134

РАЗВИТИЕ ИНДУСТРИИ МОДЫ ЧЕРЕЗ ПРОФЕССИОНАЛЬНУЮ ВЕБ-ПЛАТФОРМУ: ФОКУС НА ИВАНОВСКОЙ ОБЛАСТИ

DEVELOPMENT OF THE FASHION INDUSTRY THROUGH A PROFESSIONAL WEB PLATFORM: FOCUS ON IVANOV REGION

А.И.Самсонова¹, А.В. Бельцева², Р.Р. Аллямов³, И.А. Суворов¹
A.I. Samsonova¹, A.V. Belceva², R.R. Allymov³, I.A. Suvorov¹

¹Ивановский государственный химико-технологический университет

²Ивановский государственный политехнический университет

³Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

¹Ivanovo State University of Chemistry and Technology

²Ivanovo State Polytechnic University

³Ivanovo fire-rescue Academy of State Fire Service of Russian Emergencies Ministry

E-mail: Harley-davison47@mail.ru, alenyshka.2016.samsonova@mail.ru,
unsuvorov@gmail.com

Индустрия моды является одной из самых динамичных и конкурентоспособных отраслей мировой экономики. В наше время профессионалы в области моды стремятся не только следовать актуальным тенденциям, но и находить новые возможности для развития своих профессиональных навыков и расширения своих горизонтов. В этом контексте создание профессиональной веб-платформы, ориентированной на специалистов в области индустрии моды, представляет собой уникальную возможность для развития этой важной отрасли. В данной статье рассматриваются ключевые аспекты проекта по созданию веб-платформы и его значимость для Ивановской области.

Ключевые слова: индустрия моды, веб-платформа, Ивановская область, легкая промышленность.

The fashion industry is one of the most dynamic and competitive sectors of the world economy. Nowadays, fashion professionals strive not only to follow current trends, but also to find new opportunities to develop their professional skills and expand their horizons. In this context, the creation of a professional web platform aimed at fashion professionals represents a unique opportunity for the development of this important industry. This article discusses the key aspects of the project to create a web platform and its significance for the Ivanovo region.

Keywords: fashion industry, web platform, Ivanovo region, light industry.

Профессиональная веб-платформа для специалистов в индустрии моды представляет собой важное средство для развития этой отрасли и повышения конкурентоспособности региона, особенно в контексте Ивановской области, где текстильная промышленность имеет высокий потенциал, и является одним из основных направлений науки и промышленности. Для успешного внедрения и развития данной отрасли, необходимо проведение исследований и разработка стратегии привлечения высококвалифицированных специалистов. [1]

Целью данного исследования является выявление потребностей и ожиданий специалистов в индустрии моды в Ивановской области, а также разработка эффективной стратегии привлечения этой целевой аудитории на профессиональную веб-платформу.

Важной частью современной индустрии моды является доступ к информации, обмен опытом и создание сетевых связей между профессионалами. В этой связи, был организован ежегодный фестиваль «МОДА 4.0» на базе Ивановского Политехнического университета Всероссийский, который активно собирает на площадке более 100 участников из разных уголков страны. События, подобные «МОДА 4.0», подчеркивают значимость развития индустрии моды в региональных контекстах и создают фундамент для профессионального роста молодых дизайнеров и модельеров. Важным элементом таких фестивалей является представление коллекций, и только в 2020 году было продемонстрировано 72 коллекции, что свидетельствует о нарастающем интересе и активности в этой области. Фестиваль

«МОДА 4.0» не только укрепил свою позицию в Ивановской области, но и успешно привлек внимание молодежной аудитории в 43 городах России. [2-3]

Однако необходимы инструменты и ресурсы, чтобы перспективные представители индустрии имели возможность максимально реализовать свой потенциал и продолжать развиваться за рамками фестиваля. Разработка профессиональной веб-платформы, ориентированной на специалистов в области индустрии моды, представляет собой ответ на эту потребность. Платформа предоставит участникам фестиваля и молодым профессионалам возможность создания своих профилей, демонстрации портфолио и проектов, поиска партнеров и клиентов, обучения и участия в обсуждениях актуальных тем в индустрии моды. Это станет важным шагом в поддержке и развитии молодых талантов в регионе и за его пределами, способствуя росту индустрии моды и креативной экономики в целом.

Для достижения поставленной цели исследования был проведен анализ рынка индустрии моды в Ивановской области. В результате этого анализа выявлено, что текстильная промышленность составляет значительную часть экономики региона, а именно 22,8% от общего объема экспорта. Это свидетельствует о высоком потенциале развития данной отрасли. [4-5]

Исследование также позволило определить ключевые потребности и ожидания специалистов в индустрии моды в данном регионе. Они выразили интерес к централизованной платформе, предоставляющей возможность создания профилей, демонстрации портфолио и проектов, а также возможности для поиска партнеров и клиентов. Кроме того, специалисты выразили желание получать актуальные новости и тенденции в индустрии, а также участвовать в онлайн-консультациях и обучающих мероприятиях. На основе этого анализа была разработана стратегия привлечения специалистов на профессиональную веб-платформу. В рамках этой стратегии предусмотрено активное использование социальных сетей, создание качественного контента, участие в мероприятиях и предоставление бесплатных возможностей на платформе для первых пользователей. Предполагается также активное сбор обратной связи и внесение улучшений на основе предложений пользователей.

Данные мероприятия призваны привлечь не менее 500 специалистов из индустрии моды на платформу в течение первого года ее работы. С учетом высокого потенциала текстильной промышленности в Ивановской области, это позволит не только обогатить профессиональное сообщество в регионе, но и способствовать развитию экспортного потенциала местных предприятий, создавая новые возможности для сотрудничества и роста в индустрии моды.

Планируемая веб-платформа для специалистов в индустрии моды будет обладать современным и интуитивно понятным веб-интерфейсом, адаптированным для всех устройств. Регистрация пользователей будет удобной и безопасной, с возможностью использовать электронную почту, номера телефонов или аккаунты в социальных сетях. Пользователи смогут создавать профили, загружать портфолио, настраивать фильтры для поиска партнеров, обмениваться сообщениями через встроенную чат-систему и участвовать в онлайн-консультациях и обучающих мероприятиях. Административная панель обеспечит контроль и безопасность данных, а интеграция с платежными системами позволит организовать платные услуги. Системы безопасности и шифрования обеспечат защиту конфиденциальной информации пользователей.

Разработка профессиональной веб-платформы для специалистов в индустрии моды представляет собой значимый шаг в развитии отрасли. Она не только обеспечивает инструменты для профессионального роста и сотрудничества, но и способствует укреплению позиций текстильной промышленности из Ивановской области на мировом рынке. Проект не только стимулирует креативность и инновации в индустрии моды, но и способствует экономическому росту региона, повышая его конкурентоспособность и перспективность для специалистов и предпринимателей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Веб-платформа «Fashion ivanovo supports», направленная на развитие индустрии моды в ивановской области / А.В. Бельцева, Р.Р. Аллямов², А.И. Самсонова // Научные теории и разработки в условиях глобальных перемен: пределы и возможности Материалы XI Международной научно-практической конференции. Рязань, 2023 Издательство: Общество с ограниченной ответственностью "Издательство "Концепция" (Рязань) . – С. 74-75.
2. "FHub Education - Образовательный центр для индустрии моды откроется в Иваново." // URL: <https://www.shoes-magazine.com/post/fhub-education-ivanovo-i>. / (дата обращения: 16.09.2023).
3. "В Иванове начали знакомить с лесным хозяйством и природой области." // URL: <https://www.ivoblduma.ru/press-tsentr/vse-novosti/25925/>. (дата обращения: 16.09.2023).
4. "XVI Международный фестиваль моды "Плес на Волге: Льняная сказка"." // URL: <https://modanews.ru/node/97471>. (дата обращения: 16.09.2023).
5. "8-9 июля в Ивановской области состоялся XVI Международный фестиваль моды "Плес на Волге: Льняная сказка". // URL: <https://profashion.ru/events/shows/8-9-iyulya-v-ivanovskoy-oblasti-sostoyalsya-xvi-mezhdunarodnyy-festival-mody-ples-na-volge-lnyanaya/> (дата обращения: 16.09.2023).
6. Яцун С.Ф., Яцун А.С., Мальчиков А.В., Политов Е.Н., Переподготовка кадров для Индустрии 4.0: методика обучения эксплуатации промышленного экзоскелета «Известия вузов. Технология текстильной промышленности», Выпуск № 2 – 2022, №2. С. 364-369.

**РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ ШВЕЙНОЙ МАШИНЫ
CS-790 КЛАССА ФИРМЫ «ПАННОНИЯ» (ВЕНГРИЯ)**

**CALCULATION OF RELIABILITY INDICATORS OF THE SEWING MACHINE CS-790
CLASS OF THE COMPANY "PANNONIA" (HUNGARY)**

Е.П. Силантьев, А.А. Тувин
E.P. Silantyev, A.A. Tuvin

Ивановский государственный политехнический университет
Ivanovo State Politechnical University
E-mail: kabal1.21@yandex.ru, tuvin@ivgpu.com

В данной статье рассмотрены расчеты показателей надежности швейной машины CS-790 класса фирмы «Паннония».

Ключевые слова: Швейная машина, цепной стежок, однооперационная, эффективность, надежность.

In this article, calculations of reliability indicators of the CS-790 sewing machine of the Pannonia class are considered.

Keywords: Sewing machine, chain stitch, single-operation, efficiency, reliability.

Непрерывный рост сложности конструкций швейных промышленных машин, повышение их производительности благодаря введению скоростных режимов, а именно — повышения количества стежков в минуту и выполнения нескольких операций на одной машине, выдвинули проблему обеспечения высокой надежности швейных машин.

Рассмотрим машину CS-790 класса фирмы «Паннония» (Венгрия), которая предназначена для выполнения строчкой однострочного цепного потайного стежка стегально-подшивочных работ при изготовлении платьев, костюмов и пальто. Особенностью этой машины, отличающей ее от других машин для выполнения потайных строчек, является то, что в ней отсутствует поворотный мостик, вместо которого применена цилиндрическая платформа. Для удобства выполнения стегальных операций машина снабжена откидным столиком. Машина имеет следующие технические характеристики:

Таблица 1

Технические характеристики машины CS-790 класса фирмы «Паннония» (Венгрия)

Число оборотов главного вала в минуту	3500
Длина стежка в мм	3-7
Ширина стежка в мм	7
Наибольшая толщина сшиваемого материала в мм	0.3-3
Иглы	0873-75 и 0873-100
Габариты (длина x ширина x высота) в мм	460 x 232 x 204
Вес головки машины в кг	30

В однооперационной машине CS-790 класса фирмы «Паннония» число рабочих позиций равно единице ($M=1$). В этом случае одновременно обрабатывается одно изделие.

В однооперационных машинах время рабочего цикла τ равно времени технологического цикла (τ_m):

$$\tau = \tau_m = \sum t_p + \sum n\tau, \quad (1)$$

где $\sum t_p$ — суммарное, время выполнения рабочих операций;

$\sum t_{nc}$ - суммарное, время цикловых потерь на вспомогательных операциях.

К цикловым потерям относятся непроизводительные затраты времени при обработке сшиваемого изделия: подвод и отвод иглы; перемещение и ориентирование заготовки; обрезка нити и т. п.

Затраты времени $\sum t_p$ зависят от:

- проектной скорости вращения главного вала n ;
- коэффициента использования проектной скорости K_c ;
- шага стежков s ;
- технологических факторов.

Для оценки степени непрерывности работы используем коэффициент непрерывности работы машины, который выражается следующей зависимостью на основании формулы:

$$K_n = \frac{\sum t_p}{\sum t_p + \sum t_{nc}} . \quad (2)$$

Очевидно, что для машин непрерывного действия, у которых цикловые вспомогательные операции совмещены с рабочими операциями, время цикловых операций $t_{nc} = 0$. Следовательно коэффициент непрерывности равен единице ($K_n = 1$).

Допустим, что на машине выполняется K_2 технологических, процессов, каждый из которых состоит из K_1 различных операций, тогда средневзвешенную длительность технологического цикла машины (τ_m) можно представить в виде:

$$\tau_m = \frac{\sum_{i=1}^{K_2} \sum_{j=1}^{K_1} \tau_{mij} K_{ij}}{\sum_{i=1}^{K_2} \sum_{j=1}^{K_1} K_{ij}} , \quad (3)$$

где K_{ij} — количество одинаковых операций в одном процессе или одинаковых процессов при изготовлении типового изделия;

τ_{mij} — средняя длительность цикла i -го процесса j -й операции.

Отношение длительности технологического цикла определенного типа машины при выполнении конкретной технологической операции ко времени технологического цикла (τ_{m3}) назовем частным коэффициентом эффективности. Этот коэффициент определяет эффективность использования определенного типа машины на данной операции и равен:

$$K_{эф} = \frac{\tau_{mij}}{\tau_{m3}} . \quad (4)$$

Отношение средневзвешенной длительности технологического цикла при использовании машины определенного типа в данных производственных условиях ко времени технологического цикла назовем общим коэффициентом эффективности. Этот коэффициент определяет эффективность использования определенного типа машины в данных производственных условиях равен:

$$K_{эф} = \frac{\tau_m}{\tau_{m3}} = \frac{\sum_{i=1}^{K_2} \sum_{j=1}^{K_1} \tau_{mij} K_{ij}}{\tau_{m3} \sum_{i=1}^{K_2} \sum_{j=1}^{K_1} K_{ij}} \quad (5)$$

На основании выше рассмотренных положений коэффициент технического использования швейной машины $K_{ти}$, отражающий m параметров внецикловых затрат времени на регламентированные потери и отказы, определится из следующего выражения:

$$K_{mi} = \frac{1}{\sum_{i=1}^m \frac{1}{Ki} - (m-1)} \quad (6)$$

или после преобразования

$$K_{mi} = \frac{1}{1 + \sum_{i=1}^m \frac{1-K_i}{Ki}} \quad (7)$$

где K_i — частные коэффициенты технического использования.

Общее число частных коэффициентов технического использования равно m ; частные коэффициенты характеризуют отнесенные к одному изделию внецикловые потери $\sum_{i=1}^m B_i$ i -го параметра. В общем виде частный коэффициент технического использования определяется следующей зависимостью:

$$K_{mi} = \frac{1}{1 + Q_m \sum_{i=1}^m B_i} \quad (8)$$

Таким образом, коэффициент технического использования швейной машины учитывает внецикловые потери (nB) времени и характеризует уровень технического совершенства машины. Здесь следует отметить, что классификация отказов и связанных с ними простоев будет отличаться от приведенной ранее.

К регламентированным простоям машин будем относить простои, периодичность наступления и длительность которых обуславливаются заранее. Соответственно указанным ниже видам регламентированных простоев задаемся значениями частных коэффициентов технического использования, отражающих потери времени по следующим причинам:

а) принудительной периодической смены и регулировки рабочих органов и инструментов

$$K_{ин} = \frac{1}{1 + Q_m t_{nB.ин}} \quad (9)$$

б) Профилактического ремонта и наладки всех прочих узлов, механизмов и устройств машины

$$K_{рем} = \frac{1}{1 + Q_m t_{nB.рем}} \quad (10)$$

в) необходимости возобновления питания нитками

$$K_{нит} = \frac{1}{1 + Q_m t_{nB.нит}}$$

(11)

г) технического обслуживания (чистки, уборки, смазки)

$$K_{обсл} = \frac{1}{1 + Q_m t_{nB.обсл}} \quad (12)$$

В швейном производстве наиболее, часто возникают отказы из-за:

- недостаточной надежности швейных машин;
- некондиционности исходных материалов;
- ошибок, допускаемых обслуживающим персоналом при эксплуатации машин.

Величина случайных потерь времени, отнесенная к одному изделию, в общем случае складывается из двух частей — из отказов I группы, вызываемых: недостаточной надежностью рабочих органов швейных машин и низким качеством исходных материалов, и отказов II группы, вызываемых недостаточной надежностью прочих (кроме рабочих органов) узлов, механизмов и устройств машины [1].

Классификация отказов применительно к швейным машинам

I группа		II группа	
Специфические для каждого типа машин		Общие, свойственные всей типам швейных машин, и возникающие в узлах, механизмах и устройствах общемашиностроительного назначения	
Явные	Скрытые	Явные	Скрытые
Проявляются в виде поломки или разладки рабочих органов машины	Проявляются, косвенно: в виде обрыва нитей, не утяжки или пропуска стежков	Поломки и заклинивание зубчатых передач, заедание механических элементов, обрыв приводного ремня и т.п.	Абразивный, коррозионный и эрозионный износ, усталостное разрушение, износ поверхностей муфт и т. д.

С учетом вышеизложенного коэффициент технического использования выразится уравнением

$$K_{тш} = \frac{1}{1 + \sum_{i=1}^4 \frac{m_i^I T_{Bi}^I}{T_{pi}^I} + Q_m P_0 P_n T_{Mq} + \sum_{i=1}^n \frac{m_i^{II} T_{Bi}^{II}}{T_{pi}^{II}}} \quad (13)$$

Выражение $\sum_{i=1}^4 \frac{m_i^I T_{Bi}^I}{T_{pi}^I}$ представляет собой внецикловые случайные потери, вызванные недостаточной, надежностью рабочих органов.

Здесь T_{pi}^I — средняя наработка на i -го вида отказ группы (среднее время работы между двумя смежными отказами);

Среднее время устранения отказа I группы связано с квалификацией исполнителей, а также с удобством замены использования шпули, заправки ниток и т.п.

Выражение $P_n P_0 T_{Mq}$ представляет потери из-за отказов I группы.

Значение $0 < P_0 < 1$ соответствует случаю, когда не все некондиционные материалы вызывают простои машины, значение $P_0 = 1$, если все некондиционные материалы служат причинами простоев.

Выражение представляет внецикловые случайные потери как результат недостаточной надежности других (кроме рабочих органов) узлов, механизмов и устройств швейной машины.

Здесь T_{pi}^{II} — средняя наработка на отказ II группы, возникающий i -м узле, механизме или устройстве;

T_{Bi}^{II} — среднее время устранения отказа II группы i -го узла, механизма или устройства (определяется ремонтпригодностью машины, квалификацией обслуживающего персонала и др.);

M_i^{II} — количество одинаковых экземпляров i -го типа (типоразмера) узла, механизма или устройства;

n — количество типов (типоразмеров) узлов, механизмов или устройств данной машины.

В настоящее время, когда швейные промышленные машины создаются на основе типовых, унифицированных узлов, механизмов и устройств и широко применяются базовые конструкции, показатели надежности постепенно начинают включаться в паспортные данные машин, т. е. даются значения величин T_{pi}^{II} и T_{Bi}^{II} .

При анализе надежности швейных машин определяется, помимо наработки на отказ, средняя интенсивность отказов λ_i , а также вероятность безотказной работы $R(t)$ в течение времени t .

В общем случае, как уже известно из ранее изложенного, вероятность безотказной работы выражается следующей формулой:

$$R(t) = e^{-\int_0^t \lambda(t) dt} \quad (14)$$

Таблица 2

Сводная таблица результатов испытаний на надежность швейной машины «Паннония» CS-790

Число оборотов в главного вала	Число испытанных образцов М	Количество о обрывов	Время устранены обрывов	Количество о других отказов I группы	Время устранены я других отказов I группы	Время устранены я всех отказов I группы	Рабочее время машин ы	Наработка на отказ
1500	5	0,02	0,03	0,02	0,012	0,044	20,2	79,7
1700	5	0,14	0,01	0,02	0,012	0,064	18,13	91,2
1900	5	0,14	0,030	0,02	0,012	0,098	16,36	56,04
2100	5	0,12	0,03	0,06	0,066	0,086	15,92	53,9
2300	5	0,28	0,084	0,14	0,168	0,2	15,4	32
2500	5	0,32	0,114	0,22	0,258	0,35	14,6	22,47
2800	5	0,32	0,148	0,59	0,748	0,64	14,24	13,8
3100	5	0,96	0,45	1,6	0,99	1,9	13	6,05
3300	5	1,9	1,08	1,55	1,66	4,18	12,22	1,98
3500	5	2,32	1,49	2,97	3,25	6,93	11,8	1,3
3800	5	4,73	3,87	3,91	4,44	14,8	11	0,69
4000	5	7,15	6,93	5	6	22,34	10,1	0,45

В данной статье были рассмотрены:

- показатели надежности швейной машины класса CS-790 фирмы «Паннония»;
- приведена классификация отказов к швейным машинам;
- приведена сводная таблица результатов испытаний на надежность швейной машины «Паннония» CS-790.

ЛИТЕРАТУРА

1. Оборудование швейного производства: учебник для студ. сред. проф. образования / В.Я.Франц. — 4-е изд., испр. — М.: Издательский центр «Академия», 2010. — 448 с.
2. Е.П. Силантьев, Определение геометрических, инерционных и кинематических параметров звеньев механизма перемещения материала швейной машины cs-790 класса фирмы "Паннония" (Венгрия) // Силантьев Е.П., Тувин А.А./ Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (Smartex) 2022. С. 299-304

СОЮЗ ТЕКСТИЛЯ И СЕРЕБРА НА БЛАГО ЧЕЛОВЕКА

UNION OF TEXTILES AND SILVER FOR THE GOOD OF HUMAN

И.К. Смирнов, Н.С. Дымникова, Е.В. Ерохина

I.K. Smirnov, N.S. Dymnikova, E.V. Erohina

Институт химии растворов имени Г.А. Крестова Российской академии наук (г. Иваново)

G.A. Krestov Institute of Solution Chemistry of the Russian academy of Sciences (Ivanovo)

E-mail: nsd@isc-ras.ru

В настоящее время активно используются антибактериальные составы во многих аспектах жизни, от повседневной одежды, до медицины. В данной статье представлено использование наночастиц металлов для придания изделиям антимикробной и противовирусной активности.

Ключевые слова: Наночастицы, антимикробные свойства, полимеры.

Currently, antibacterial compounds are actively used in many aspects of life, from everyday clothing to medicine. This article presents the use of metal nanoparticles to impart antimicrobial and antiviral activity to products.

Key words: Nanoparticles, antimicrobial properties, polymers.

Возросшие требования современных потребителей к качеству, комфортности, экологической безопасности продукции стимулируют развитие производства высокотехнологичных биологически активных материалов для медицины, гигиены, косметологии. Это связано с ростом числа микробных инфекций, селекцией полирезистентной микрофлоры и формированием штаммов микроорганизмов с устойчивостью к антимикробным препаратам.

Одним из важных факторов, оказывающих существенное влияние на свойства новых материалов широкого спектра применения, является правильный подбор сырья. При производстве высококачественных нетканых материалов рекомендуют применять, главным образом, целлюлозное сырье, а для обеспечения атравматичных свойств необходимо включать в структуру полотна гидрофобные полиэфирные или полипропиленовые волокна, которые обладают нулевой сорбцией водяных паров и не раздражают кожные покровы человека.

Для придания волокнам антимикробных, антигрибковых и противовирусных свойств необходимо вести поиск нетрадиционных препаратов, т.к. микробы, вирусы и грибки адаптируются со временем к антибиотикам и проявляют завидную устойчивость к различным фармакологическим новинкам. Перспективным видится использование наночастиц (НЧ) металлов для придания изделиям антимикробной и противовирусной активности.

Особого внимания заслуживают благородные металлы подгруппы Cu, в частности серебро, которое исторически известно как средство, обладающее антибактериальным эффектом. Наиболее важной задачей является совершенствование приёмов формирования ультрадисперсных частиц серебра и стабильных золей для модификации полимерных матриц.

На наш взгляд, перспективы в достижении высокой биологической активности синтезируемых наночастиц металлов связаны с получением НЧ малых размеров и поиском полимеров-стабилизаторов, обеспечивающих синергический эффект увеличения биоактивности НЧ.

Преимущества воздействия наночастиц металлов по сравнению с частицами более крупных размеров или с ионными формами, доказанные результатами исследований биосистем различных уровней организации, – это более низкая токсичность НЧ в сравнении с токсичностью их солей, возможность проявления синергизма свойств материалов центрального ядра и стабилизирующих компонентов. Указанные факторы являются причиной

неослабевающего внимания исследователей к вопросам синтеза новых эффективных антимикробных реагентов с целью их практического применения для модификации полимеров [1-3].

Многими работами доказано, что коллоидные растворы серебра эффективны против более 650 видов микроорганизмов, поэтому они могут применяться в таких областях как медицина и здравоохранение. Кроме того, выбор наносеребра обусловлен их значительными и неоспоримыми преимуществами перед всеми существующими антимикробными и противовирусными средствами, поскольку соединения серебра во многом лишены недостатков, связанных с проблемой резистентности к ним патогенных микроорганизмов.

В настоящее время в ИХР РАН ведутся работы по синтезу новых высокоэффективных препаратов, условно названных «Нанотекс», содержащих наночастицы серебра (НЧ_{Ag}), и способам их иммобилизации на текстильных носителях. Нанесение данного препарата на различные по химической природе волокна можно создавать медицинские изделия, в частности перевязочные средства, для лечения ран. Такие материалы должны обеспечивать комплекс свойств, главными из которых являются: сорбционное и химиотерапевтическое очищение раны, предотвращение повторного инфицирования, антимикробное действие, низкая адгезия к поверхности раны, атравматичность, отсутствие раздражающего воздействия на ткани раны и т.д.

В связи с этим большой интерес представляет разработка методов иммобилизации наночастиц серебра на волокна различной химической природы для создания медицинских изделий с регулируемой скоростью выхода активных реагентов из полимерного материала в физиологические среды и прогнозируемый уровень их воздействия на микроорганизмы.

Согласно данным, приведенным на гистограмме (рис. 1), сорбция НЧ серебра целлюлозными волокнами при обработке текстильных материалов препаратом Нанотекс в 2-4 раза выше, чем у полиэфирных волокон. При этом из волокон хлопка, льна и вискозы десорбируется за 6 ч. в физраствор 50-63 % НЧ, из ПЭФ – 90 %.

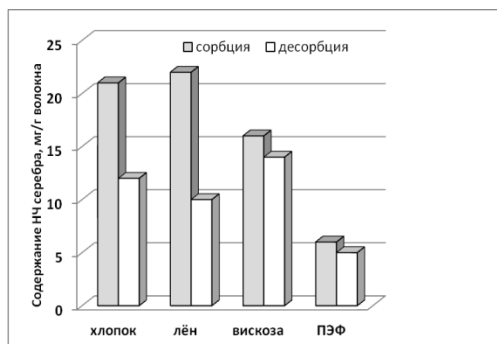


Рис. 1. Сорбция (мг/г) НЧ серебра волокнами различной природы и их десорбция из волокон в физраствор (мг/мл)

Варьированием соотношений модифицированных натуральных и синтетических волокон в текстильной матрице можно обеспечить требуемую скорость выхода активных реагентов из полимерного материала в физиологические среды и прогнозируемый уровень их воздействия на микроорганизмы. Приведенные на рис. 2 результаты наглядно это показывают. Включая в волокнистый состав вискозные и хлопковые волокна можно обеспечивать ударную дозу частиц серебра на раневую поверхность (кривые 1-3), а льноволокна позволят создать условия для их пролонгированного действия (кривые 4,5).

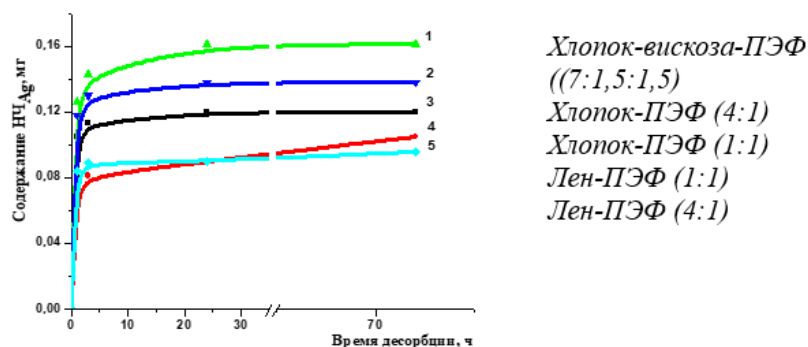


Рис. 2. Влияние смесового состава модифицированных серебросодержащим препаратом волокон на показатели десорбции частиц серебра в физраствор

Композиция волокон хлопок-ПЭФ по сравнению с лен-ПЭФ позволяет количественно увеличить десорбцию частиц серебра в физраствор с 0,08 до 0,12 мг, а введение вязких волокон – до 0,16 мг, тем самым обеспечивая, при необходимости, ударную дозу. Сравнивая десорбцию из хлопкового и льняного волокна, можно сделать вывод, что хлопок достаточно быстро высвобождает антимикробный препарат, а волокна льна медленно отдают препарат, что позволит создать условия для пролонгированного действия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вирник А.Д. //Успехи химии. 1973. Т.ХЛII. Вып.3. С.547-567.
2. Вольф Л.А. и др. // Журн. прикл. химии. 1966. Вып.11. С.2608-2609.
3. Роговин З.А., Гальбрайт Л.С. Химические превращения и модификация целлюлозы. М.: Химия, 1979. 205 с.

СОЗДАНИЕ МНОГОСЛОЙНЫХ ОБОЛОЧЕК ВОКРУГ БИОАКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ДЛЯ ПОСЛЕДУЮЩЕГО ЗАКРЕПЛЕНИЯ ИХ НА ТЕКСТИЛЬНОМ МАТЕРИАЛЕ

CREATION OF MULTI-LAYERED SHELLS AROUND BIOACTIVE SUBSTANCES FOR THEIR SUBSEQUENT FIXATION ON TEXTILE MATERIAL

А.А. Соловьёва, З.А. Константинова, П.Ф. Галлямова, Е.Л. Владимирцева
A.A. Solovyova, Z.A. Konstantinova, P.F. Gallyamova, E.L. Vladimirtseva

Ивановский государственный химико-технологический университет
Ivanovo State University of Chemistry and Technology
E-mail: mironova.anna05@mail.ru

В работе исследовалась совместимость активных веществ (серебросодержащего препарата и комплекса аминокислот рутин) с гидроксипропил- β -циклодекстрином и разнозаряженными полиэлектролитами с целью образования нано- и микрокапсул с многослойной оболочкой, для последующего закрепления их на текстильном материале.

Ключевые слова: активные вещества, гидроксипропил- β -циклодекстрином, наносеребро, рутин

The compatibility of active substances (a silver-containing preparation and a complex of amino acids rutin) with hydroxypropyl- β -cyclodextrin and multicharged polyelectrolytes was studied in order to form nano- and microcapsules with a multilayer shell, for their subsequent fixation on a textile material.

Key words: active substances, hydroxypropyl- β -cyclodextrin, nanosilver, rutin

Микрокапсулирование – это процесс заключения функционального вещества в оболочку, которая защищает ее от испарения, загрязнения, влияния других воздействий окружающей среды и позволяет веществу выделяться пролонгировано [1,2]. В зависимости от толщины и материала оболочки содержимое ядра может высвобождаться посредством изменения температуры, pH, биоразрушения и т.д.

Целью настоящего исследование было создание оболочек вокруг биоактивных веществ (БАВ) для последующего закрепления их на текстильном материале и оценка скорости выделения активных веществ (АВ) через оболочку микрокапсул во внешнюю среду.

В качестве БАВ использовали бинарный состав концентрата серебра в водной дисперсии «Неосильвер концентрат-Био» (НКБ) и аминокислоты Рутин (Ru). Для растворения препаратов использовались дистиллированная вода, водно-спиртовой раствор, оксиэтилированное рапсовое масло (ОРМ). Для создания первичной оболочки – гидроксипропил- β -циклодекстрин (HP β CD), образующий с БАВ комплексы включения по принципу «гость-хозяин» [3,4]. Вторичные оболочки, позволяющие иммобилизовать препараты на волокне представляли собой разнозаряженные полиэлектролиты, образующие с HP β CD интерполиэлектrolитный комплекс: полидиаллилдиметиламмоний хлорид (ПДАДМАХ), Акремон В-1 (водополимерный композиционный материал на основе карбоновых кислот), Карбоксилав АФ 6.35 (КрПАВ) – поверхностно-активное вещество на основе карбоксилат оксиэтилированных нонилфенолов.

Совместимость АВ с полиэлектролитной оболочкой нано- и микрокапсул проверяли двумя методами:

– методом простого перемешивания исследуемых веществ с составами препаратов с использованием мешалки электрической со скоростью перемешивания водного раствора приготовленных смесей составов 50-60 об/мин;

– методом ультразвуковой гомогенизации исследуемых веществ с составами препаратов с использованием ультразвукового диспергатора-гомогенизатора МЭФ 93с интенсивностью ультразвукового воздействия на водный раствор приготовленных смесей

составов до 250 Вт/см², коммутируемой мощностью 600 Вт и рабочей частотой 22 кГц при времени ультразвукового воздействия на состав 10-300 с.

Примеры составов наноэмульсий и их основные характеристики представлены в таблице 1.

Таблица 1

Составы и свойства наноэмульсий

№	Компоненты состава в порядке введения в композицию	Концентрация, г/л	Среднее значение размера частиц, (нм)		Снижение мутности композиций через 8/12/24 ч. после приготовления, отн.%	
			Метод перемешивания	Метод УЗ-гомогенизации	Метод перемешивания	Метод УЗ-гомогенизации
1	2	3	4	5	6	7
I	1) НКБ	3	67,23	56,88	4/18/49	2/16/38
	2) НРβCD	3				
II	1) НКБ	3	145,46	118,87	5/10/11	5/8/8
	2) НРβCD	3				
	3) КрПАВ	2				
	4) ПДАДМАХ (0,1%)	4				
	5) Акремон В-1 (0,05%)	4				
III	1) НКБ	3	114,22	104,14	4/11/12	4/7/8
	2) КрПАВ	2				
	3) ПДАДМАХ (0,1%)	4				
	4) Акремон В-1 (0,05%)	4				
IV	1) Ru	3	68,26	60,11	4/15/45	2/12/38
	2) НРβCD	3				
V	1) Ru	3	109,61	100,22	5/11/12	5/9/9
	2) НРβCD	3				
	3) КрПАВ	2				
	4) ПДАДМАХ (0,1%)	4				
	5) Акремон В-1 (0,05%)	4				
VI	1) Ru	3	156,87	144,94	5/12/14	4/9/9
	2) КрПАВ	2				
	3) ПДАДМАХ (0,1%)	4				
	4) Акремон В-1 (0,05%)	6				

Анализ полученных данных показал, что на размер микрокапсул в первую очередь оказывает влияние количество слоев. Природа активного вещества практически не влияет на итоговую величину микрокапсул.

В процессе оценки внешнего вида, размеров частиц и устойчивости при отстаивании приготовленных составов разработанных экспериментальных образцов препаратов было установлено, что при простом перемешивании исследуемых веществ с использованием мешалки электрической не во всех случаях достигается получение стабильной системы

входящих в состав препаратов веществ в водной дисперсии. Ультразвуковая гомогенизация дает более константные результаты по размерам частиц и их устойчивости во времени, но этот процесс является трудоемким и требует специального оборудования.

Оценка скорости выделения АВ через оболочку микрокапсул во внешнюю среду осуществлялась с использованием методов спектрофотометрии и газовой хроматографии. Спектрофотометрические исследования проводились с препаратом «Неосильвер концентрат-Био» на двухлучевом УФ-спектрофотометре SPECORD M400.

В таблице 2 приведены данные по изменению оптической плотности (А) гидрозолей наносеребра при $\lambda_{\text{max}} = 400$ нм в электронных спектрах, в зависимости от времени выдерживания состава при комнатной температуре в режиме освещения светового дня в средней полосе от 1 до 30 сут.

Таблица 2

Изменение оптической плотности гидрозолей наносеребра при отстаивании составов ($\lambda = 400$ нм)

№ состава	Оптическая плотность раствора после экспозиции состава на свету, сут.			Процент изменения за 30 сут., %
	1	15	30	
I	0,984	0,622	0,312	68
II	0,999	0,876	0,822	18
III	0,988	0,425	0,220	78
IV	0,998	0,887	0,864	13
V	0,999	0,996	0,990	1
VI	0,999	0,890	0,750	25

Хроматограммы снимали на газовом хроматографе «Кристаллюкс 4000 М» для препарата Рутин – в этом случае четко выделяется характерный пик, по высоте и площади которого можно контролировать выделение вещества из микрокапсульной оболочки.

Для всех полученных хроматограмм отмечено снижение пика и уменьшение его площади. Для комплекса включения «гость-хозяин» с НР β CD площадь составила 0,0976 мв*мин. При закреплении оболочки разнозаряженными полиэлектролитами этот показатель снижается до 0,0567 мв*мин, а при нанесении двойного слоя – до 0,0134 мв*мин соответственно. Аналогично происходит изменение высоты пика. Создание полиэлектролитной оболочки и увеличение количества ее слоев вокруг комплексов включения «гость-хозяин» заметно снижает выделение с течением времени АВ.

Полученные в результате комплекса экспериментов результаты планируется использовать для создания научного подхода к механизму оптимальной иммобилизации комплексных соединений с АВ на волокнистом полимерном материале и разработке технологии прочного закрепления композиций на волокне.

Работа выполнена в рамках Государственного задания на выполнение НИР, тема № FZZW-2023-0008 с использованием ресурсов Центра коллективного пользования научным оборудованием ИГХТУ (при поддержке Минобрнауки России, соглашение № 075-15-2021-671)

ЛИТЕРАТУРА

- Петрова Л. С., Яминзода З. А., Одинцова О. И., Владимирцева Е. Л., Соловьёва А. А., Смирнова А. С. – Перспективные способы антибактериальной отделки текстильных материалов // Российский химический журнал. – 2021, №2 (LXV). С. 67...82.
- Valdés A. Recent Trends in Microencapsulation for Smart and Active Innovative Textile Products / A. Valdés et al. // Current Organic Chemistry. – 2018. – Vol. 22. – №. 12. – p. 1237-1248.

3. Buschmann H.J., Denter U., Knittel D., Schollmeyer E. The Use of Cyclodextrins in Textile Processes – An Overview // J. Text. Inst. – 1998, V.89, Nr.3. P. 554...561.
4. Капустин М.А., Чубарова А.С., Головач Т.Н. и др. Методы получения наноконплексов биологически активных веществ с циклическими олигосахаридами, анализ их физико-химических свойств и использование в пищевом производстве // Труды БГУ. -2016, 11 (1). С. 73...100.

**ВЛИЯНИЕ ПОДВИЖНОСТИ ВОЗДУХА НА ПРОЦЕСС ВЛАГОРЕГУЛИРОВАНИЯ
МНОГОСЛОЙНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ СТРУКТУР**

**INFLUENCE OF AIR MOBILITY ON THE PROCESS OF MOISTURE REGULATION OF
MULTILAYER TEXTILE STRUCTURES**

А.И. Сосновская, Н.В. Скобова, Н.Н. Ясинская

A.I. Sosnovskaya, N.V. Skobova, N.N. Yasinskaya

Витебский государственный технологический университет

(Республика Беларусь)

Vitebsk State Technological University (Republic of Belarus)

E-mail: kolbasnikowa2018@yandex.by, skobova-nv@mail.ru, yasinskaynn@rambler.ru

В работе представлены результаты исследования процесса влагопереноса при оценке интенсивности испарения капельной влаги с поверхности многослойных материалов структуры ткань/трикотаж при различных режимах подачи воздуха. Изучено влияние морфологии применяемых функциональных нитей в структуре многослойного материала на процесс испарения при различной скорости движения воздуха.

Ключевые слова: многослойный материал, функциональные нити, трикотажное полотно, кривые скорости испарения.

The paper presents the results of a study of the moisture transfer process when assessing the intensity of evaporation of droplet moisture from the surface of multilayer materials with a fabric/knitted structure under different air supply modes. The influence of the morphology of the functional threads used in the structure of the multilayer material on the evaporation process at different air speeds was studied.

Key words: multilayer material, functional yarns, knitted fabric, evaporation rate curves.

Регулируемое движение водяного пара с поверхности кожи в атмосферу через многослойный пакет материалов позволяет предотвращать накопление пота в пододежном пространстве. Управление влажностью - определяет уровень комфорта в эксплуатационных условиях носки. Функциональная защитная одежда должна обеспечить поддержку теплового баланса в широком диапазоне параметров окружающей среды (температура, подвижность воздуха) и активности тела за счет потоотведения и регулировки температуры тела [1].

Пот в виде капельной влаги при удалении с поверхности тела должен смачивать внутреннюю поверхность многослойного материала, а затем впитываться в его структуру и обеспечивать транспортировку влаги к наружной поверхности для испарения. Паровая влага должна проходить через отверстия между волокнами и нитями в слоях материала за счет его пористости.

Интенсивность потоотделения зависит от затрачиваемой человеком энергии, например, при обычной деятельности выделяется около 60 мл водяного пара в 1 час при постоянных условиях окружающей среды, умеренная ходьба - количество водяного пара составляет до 450 мл. в час. Во время активной физической нагрузки тело потеет и в повседневной одежде с содержанием хлопка образует «капкан из влаги». Это создает барьер для эффективной передачи избыточного тепла и приводит к повышению температуры тела и кожи выше 37 ° С, что увеличивает потоотделение [2, 3].

На кафедре экологии и химических технологий разработан многослойный текстильный материал (МТМ), состоящий из тканого и трикотажного полотен, соединенных между собой термопластичным клеем (порошок) на основе полиамидного сополимера способом термопрессования (рисунок 1). Лицевая сторона 1 – хлопкополиэфирная ткань (67/33% ПЭ/Х) поверхностной плотности 200 г/м², изнаночная сторона – двухслойное трикотажное полотно комбинированного переплетения на базе ластика целостной структуры. Полотно получено с

использованием полиэфирных функциональных нитей в слое, прилегающем к телу человека (поз.4 рис.1): нить с функцией управления влагой Quick Dry линейной плотности 18,7 текс (f144), микрофиламентная нить Soft 16,7 текс (f288), полая нить Thermo 16,7 текс (f96), а во втором слое, использованы полиэфирные традиционные нити PEC 16,7 текс (f48) (поз.3 рис.1). Слои в трикотажной структуре соединялись соединительными накидами. В результате сформированы образцы:

- образец 1 –ХПЭ/полотно Quick/PEC;
- образец 2 – ХПЭ/полотно Thermo/PEC;
- образец 3 – ХПЭ/полотно Soft/PEC.

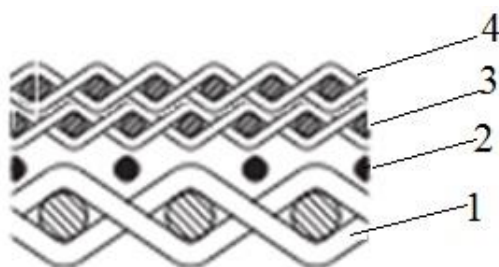


Рис. 1. Графическое изображение формируемой структуры МТМ: 1 – ткань; 2 – термопластичный клей; 3 – слой из полиэфирной нити в структуре трикотажного полотна; 4 – слой из функциональной нити в структуре трикотажного полотна

Процесс дублирования слоев проводили при температуре 160 °С в течение 15 секунд, согласно рекомендациям производителя.

Цель исследований – изучить влагорегулирующие свойства многослойных материалов для защитной одежды с использованием функциональных нитей, эксплуатируемой в условиях повышенной активности при постоянной температуре внешней среды и различной скорости движения воздуха.

Методика испытаний заключалась в следующем (рис. 2). Подготавливались образцы многослойного материала размером 10x10 см и выдерживались в нормальных климатических условиях (температура 21 °С и относительная влажность 65%) в течение 24 ч. Включали регулятор температуры нагревателя и вентилятора, чтобы температура металлической пластины стабилизировалась на уровне 37 ± 1 °С. Затем подготовленные пробы размещались на нагревательной пластине на 5 минут, чтобы позволить образцу уравновеситься до температуры металлической пластины, при этом сторона образца, которая должна была находиться рядом с кожей, была прижата к металлической пластине. Металлическую полосу помещали на край образца, ближайший к поверхности металлической пластины от вентилятора для исключения приподнятия образца при высокой подвижности воздуха. Затем установили требуемую скорость воздуха (0,5 м/с, 1 м/с, 1,5 м/с), наносили объем пота 0,3 мл на трикотажный слой из функциональной нити (поз.4 рис.1). Через равные промежутки времени определяли массу испарившейся жидкости, после чего рассчитывали скорость испарения жидкости с поверхности материала. Температуру образцов фиксировали с помощью термопары каждые 30 сек. до тех пор, пока температура ткани не достигла исходной температуры. Данный метод позволит провести сравнительный анализ механизма влагопереноса в структуре многослойных материалов с учетом специфики применяемой функциональной нити в структуре пакета и подвижности воздуха [4].

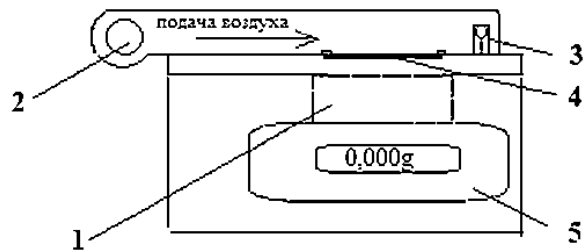


Рис. 2. Лабораторный стенд для оценки скорости испарения: 1 – нагревательная пластина, 2 – вентилятор, 3 - анемометр, 4 – образец; 5 – весы

Результаты исследований представлены на рисунках 3-4.

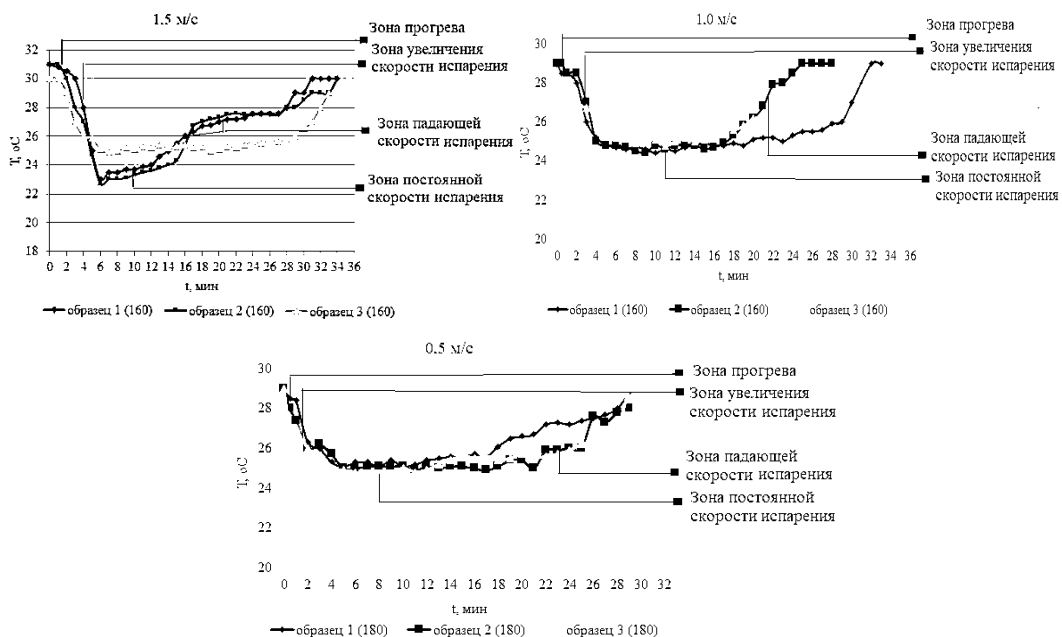


Рис. 3. Кинетические температурные кривые

На кинетических кривых зависимости температуры от времени испарения на образцах можно отметить наличие несколько зон влагопереноса. При высокой подвижности воздуха на поверхности образцов 1 и 2 не наблюдалось каких-либо значительных изменений температуры – фаза прогрева, происходит впитывание капли жидкости. Наиболее протяженная фаза прогрева у образца 1, имеющего в своей структуре нить Quick Dry с тетраканальным профилем поперечного сечения, обеспечивающим быстрое впитывание с образованием небольшого радиуса фронта впитывания.

После этого в течение некоторого времени происходит транспортировка жидкости от внутреннего слоя к внешнему, температура на поверхности образца начинает падать (фаза падения температуры), наступает зона увеличения скорости испарения. Градиент температуры на этом участке показывает наличие протяженного влагопереноса у образцов 1 и 2 при высокой подвижности воздуха (1,5 и 1 м/с). Короткая эта фаза отмечается у образца 3 с вложением микрофиламентной нити - высокая скорость поглощения [5, 6] способствует образованию большего радиуса смачивания, создавая большой фронт испарения пота, что способствует быстрому испарению. При малой скорости воздуха градиент температуры снижается у всех образцов.

Когда поверхность испарения насытилась парами пота, достигнуто равновесие между теплопередачей и испарением. На графике температурных кривых это фаза постоянной температуры - зона постоянной скорости испарения. Здесь одинаковое количество испаряющегося пота поглощает одинаковое количество тепла из окружающей среды,

поддерживая постоянную температуру. При низкой скорости движения воздуха длительность периода постоянной скорости испарения наибольшая из анализируемых для всех образцов.

С уменьшением степени насыщения поверхности испарения парами влаги происходит повышение температуры – фаза повышения температуры, образуется зона снижения скорости испарения. Продолжительным этот период является для образца 1 независимо от скорости движения воздуха. Благодаря большому радиусу смачиваемой поверхности образец 3 характеризуется кратковременным периодом падающей скорости испарения во всех сериях опытов.

Построены кривые скорости испарения при различных скоростях движения воздуха (рис. 4).

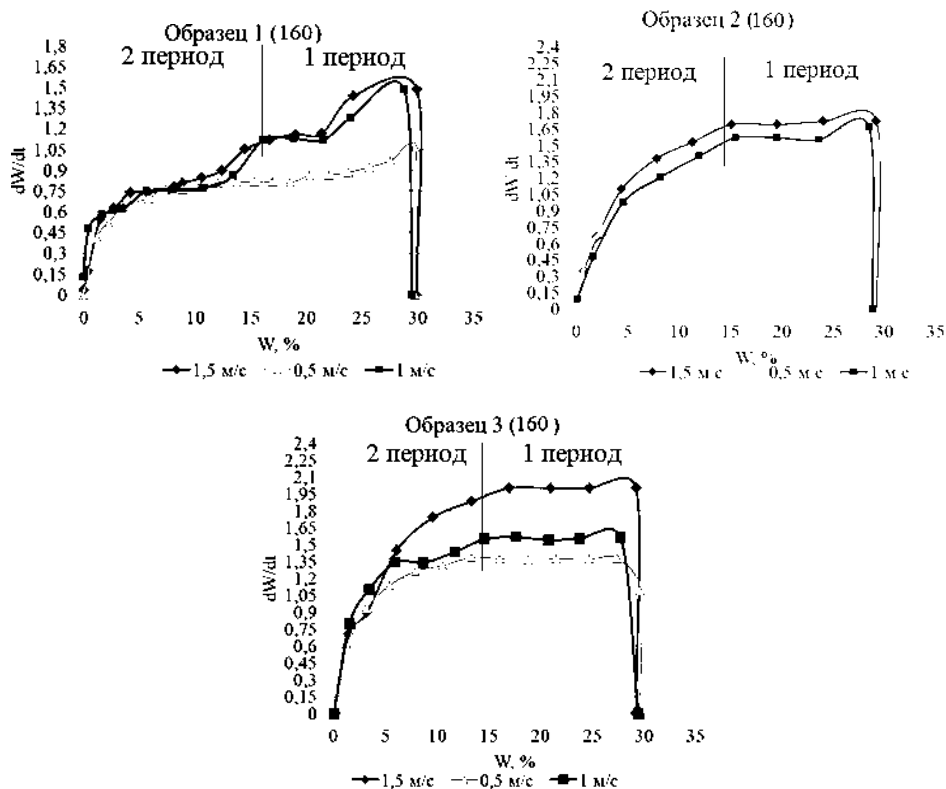


Рис. 4. Кривые скорости испарения

На первой стадии процесса наблюдается период постоянной скорости испарения влаги (область удаления свободной влаги) - I период испарения. Наличие «горба» на этом участке у образцов указывает на формирование фазы прогрева, что подтверждается температурными кривыми (рис.3). Испаряемая влага внутри материала перемещается в виде жидкости (капиллярная влага). Над поверхностью влажного материала образуется слой насыщенного пара ($\theta = 100 \%$), находящегося в равновесии с водой.

Максимальной скоростью испарения при критической влажности в первом периоде сушки - обладает образец 3 с вложением микрофиламентной нити в прилегающий к телу человека слой, что объясняется наличием большого числа микропор в полотне, способствующих увеличению скорости движения фронта поверхностной пропитки полотна при смачивании, увеличивая площадь испарения. Более длительный первый период сушки у материалов с вложением нити с функцией управления влагой. Морфология поверхности нити способствует удерживанию влаги в боковых капиллярах, снижая скорость испарения.

По мере обезвоживания материала наружная поверхность не успевает смачиваться малым количеством подводимой изнутри влаги. Она становится сухой, ее температура повышается. Скорость испарения влаги из материала непрерывно уменьшается, наступает 2 период - линейно убывающей скорости испарения. В этом периоде сначала испаряется капиллярно-сконденсированная, затем связанная влага. Для анализируемых материалов при испарении характерно разделение второго периода сушки на две временные зоны и

образование двух слоев испарения в материале (у греющей и открытой поверхности). Наблюдается углубление этих зон и разделение слоя материала на две области — образованную капиллярно-сконденсированной влагой (первоначальный участок на кривой второго периода) и связанной водой. Увеличение подвижности воздуха способствует повышению скорости испарения.

Анализ проведенных исследований позволяет сделать следующие выводы:

- образцы многослойного текстильного материала имеют четыре фазы испарения: прогрева, роста скорости испарения, постоянной скорости испарения и падающей скорости испарения.

- наличие в структуре материала функциональной нити Quick Dry приводит к увеличению длительности фазы прогрева и фазы роста скорости испарения, обусловленную повышенным сорбционным эффектом применяемой нити с формированием малой площади испарения.

- наличие микрофиламентной нити в составе многослойного текстильного материала приводит к образованию большого радиуса смачивания за счет роста капиллярной силы в микропористой структуре, увеличивая тем самым скорость поглощения и формированию большого фронта испарения. Поэтому материал характеризуется кратковременной зоной прогрева и длительным периодом постоянной скорости испарения.

- повышение подвижности воздуха увеличивает градиент температур в фазе роста скорости испарения, сокращает период постоянной скорости испарения и увеличивает продолжительность периода падающей скорости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Стефанова, Е.Б. Нормирование влажности в материалах для одежды / Е.Б., Стефанова, И.В. Черунова // Материалы X Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум». – Шахты, 2018.
2. Cherunova I.V. Study of the structural and acoustic properties of clothing materials for thermal protection of human / I.V. Cherunova, S.A. Kolesnik, S.V. Kurenova, Y.V. Eremina, A.V. Merkulova, P.V. Cherunov // International Journal of Applied Engineering Research, 2015. - V. 10. - № 19. - P. 40506-40512.
3. Влияние синтетических тканей на человека [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.liveinternet.ru/users/luch-nik/post386440256>. – Дата доступа: 15.09.2023.
4. Mandal, S. Characterization of Sweat Drying Performance of Single Layered Thermal Protective Fabrics Used in High-Risk Sector Workers' Clothing / Mandal, S., Chowdhury, I.Z., Mazumder, N.-U.-S., Agnew, R.J., Boorady, L.M. Polymers 2022, 14 (24), 5393.
5. Скобова, Н.В. Исследование капиллярных свойств двухслойных трикотажных структур из функциональных нитей / Скобова Н.В., Ясинская Н.Н., Воробьева А.С. // Сборник материалов Всероссийской научной конференции молодых исследователей с международным участием «Инновационное развитие техники и технологий в промышленности». – Москва, 2023. – С. 159-162.
6. Скобова Н.В. Оценка функциональных свойств модифицированных полиэфирных нитей и текстильных материалов из них / Скобова Н.В., Ясинская Н.Н. // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2023. № 1 (403). – С. 69-75.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ УПРОЧНЕННЫХ КРОМКРЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ

INVESTIGATION OF THE POSSIBILITY OF INCREASING THE RESOURCE OF CUTTING MACHINE KNIVES

А.Б. Фаттохов¹, Т.А. Комарова¹, А.А. Гвоздев², Л.И. Минеев³
A.B. Fattohov¹, T.A. Komarova¹, A.A. Gvozdev², L.I. Mineev³

¹Ивановский государственный политехнический университет

²Верхневолжский государственный агробиотехнологический университет

³Ивановский государственный университет

¹Ivanovo State Polytechnic University

²Verkhnevolzhsk State University of Agronomy and Biothechnology

³Ivanovo State University

E-mail: resurs1959@yandex.ru, docent.ta@yandex.ru

Авторами рассматривается задача повышения ресурса металлической поверхности кромкорежущих инструментов. После высокочастотной электроискровой обработки (ЭИО) наплавкой твердыми сплавами, производится анализ поверхности, полученных изделий методами сканирующей электронной микроскопии, и изучаются характеристики износа поверхности на машине трения.

Ключевые слова: деталь, металлическая поверхность, износ, упрочнение, сканирующий электронный микроскоп, машина трения

The authors consider the problem of increasing the service life of the metal surface of edge-cutting tools. After high-frequency electric spark processing with hard alloy surfacing, the surface of the resulting products is analyzed using scanning electron microscopy and the wear characteristics of the surface on a friction machine are studied.

Key words: part, metal surface, wear, hardening, scanning electron microscope, friction machine

Упрочнение вновь изготовленных, а также восстановление изношенных деталей с одновременным увеличением ресурса, является особенно важным в условиях, когда финансовые и материальные ресурсы предприятий существенно ограничены.

В практике эксплуатации режущего инструмента, одним из наиболее часто встречаемых дефектов деталей, является выработка их рабочих поверхностей. Основным методом повышения долговечности деталей является нанесение на изношенные поверхности одного или нескольких слоев покрытия с высокими физико-механическими свойствами, которые обеспечат дальнейшую длительную работу изделий.

Процесс нанесения твердых покрытий производился ЭИО. В результате происходит перенос продуктов эрозии материала электрода на поверхность детали, она приобретает новый рельеф мелкодисперсного состава, порой нанокристаллического [1].

В работе использовалась установка марки "Элитрон-22А" с высокочастотной приставкой БИГ-1. Формировали покрытия из твердых сплавов: ВК8 – вольфрамо-кобальтовый твердый сплав и Т15К6 – титано-вольфрамо-кобальтовый твердый сплав. Можно предположить, что при высокочастотном электродуговом нанесении на стальную поверхность в тонких слоях при быстром охлаждении образуются различные структуры [1].

В работе проводилось исследование поверхности упрочненных кромкорежущих инструментов методом растровой электронной микроскопии, а также определялись показатели износостойкости материала на машине трения.

Методы сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) для анализа материалов нашли широкое применение в решении научных задач вследствие их высокой информативности и достоверности получаемых результатов исследования [2].

СЭМ позволяет одновременно исследовать размеры и форму зерен, распределение зерен и фаз по размерам, определить состав фазы и распределение химических элементов по ее площади и по площади исследуемого образца, химическую неоднородность по площади, а также получить изображение объекта в широком диапазоне увеличений во вторичных и отраженных электронах. Объектом исследования в СЭМ являются такие образцы, как сабельные ножи до и после различных видов обработки.

В данной работе исследования проводились на сканирующем электронном микроскопе Quattro S, предназначенном для измерения линейных размеров элементов микро- и нанорельефа поверхности различных твердотельных объектов в режиме сверхнизкого вакуума естественной среды (исследование проводились на оборудовании, предоставленном институтом химии РАН). Разрешающая способность электронного пучка в режиме высокого вакуума 1,0 нм при 30 кВ, диапазон регулирования увеличения, от 150 до 4 000 000 крат, максимальный размер изображения, пикселей – 6144x4096, максимальная скорость счета импульсов энергодисперсионного спектрометра, – 1500000 импульсов/сек.

На рис.1 приведен пример полученного изображения поверхности режущей кромки сабельного ножа после нанесения упрочняющего покрытия. На рис.2 представлена таблица распределения элементов и рентгенограмма образца ВК8, на рис.3 – таблица и рентгенограмма для образца с покрытием Т15К6.

Данные микрорентгеноспектрального анализа представлены снимками микроструктуры исследуемой области образца, таблицами данных в весовом или атомарном соотношении, спектрами (рис.3). Для подтверждения элементного состава фаз было проведено картирование. На рис.4 и 5 показаны изображения во вторичных электронах с картированием.

Из результатов исследования следует, что при высокочастотном электродуговом нанесении на стальную поверхность в тонких слоях появляются новые элементы наносимого материала и образуются различные структуры, такие как карбид вольфрама WC и карбид титана TC, а также цементитная составляющая Fe₃C вокруг или между слоями.



Рис. 1. Микроструктура поверхности кромки режущего инструмента, увеличение x16000

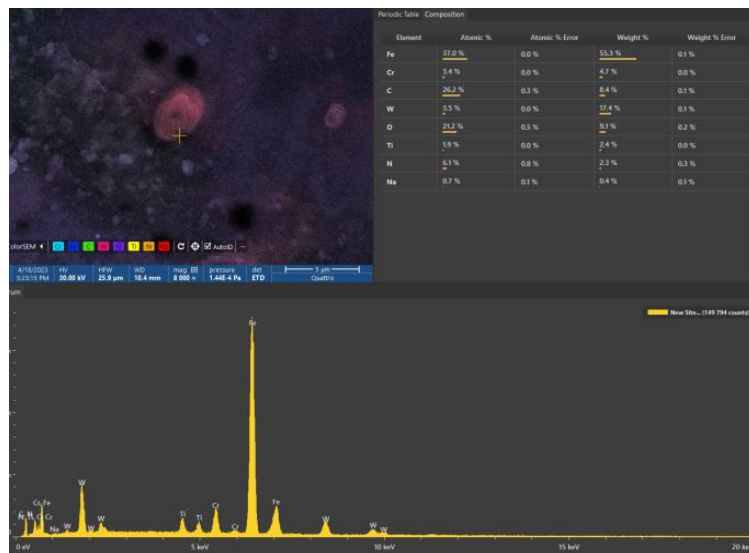


Рис. 2. Распределение элементов по поверхности кромки ножа после нанесения покрытия ВК8 (вид линий рентгеновского спектра, показывающий наличие элементов)

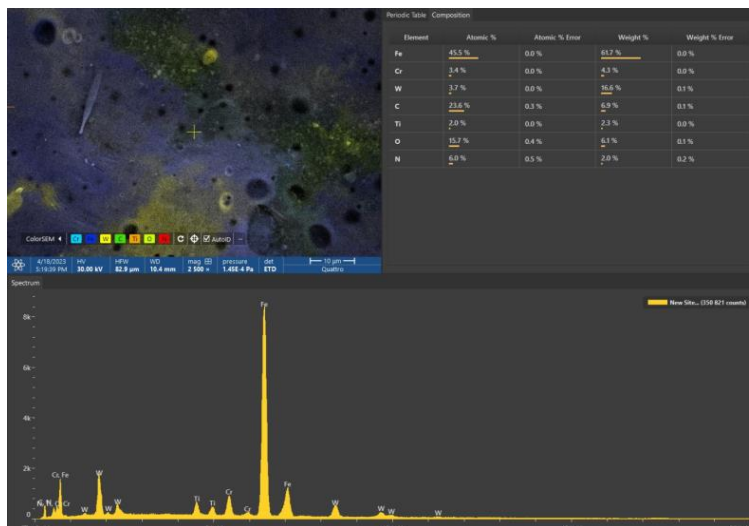


Рис. 3. Распределение элементов по поверхности кромки ножа после нанесения покрытия T15K6. Вид линий рентгеновского спектра, показывающий наличие элементов

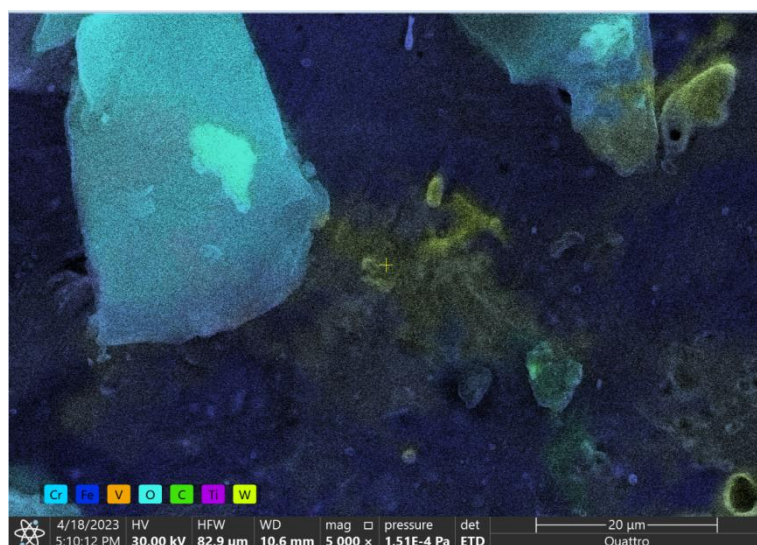


Рис.4. Изображение во вторичных электронах, картирование

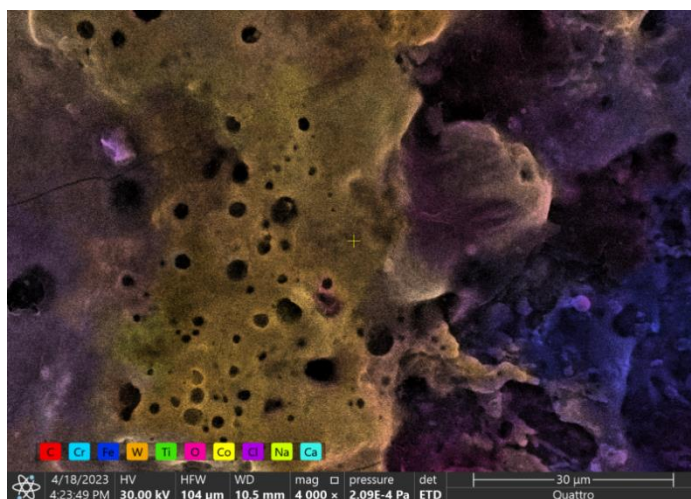


Рис.5. Изображение во вторичных электронах, картирование

Снимки, полученные с помощью композиционного контраста, позволяют определить наличие фаз – карбида вольфрама, титана, кобальта.

Энергодисперсионный спектрометр позволяет выполнять количественный рентгеновский микроанализ с выбором анализируемой области, получать карты распределения элементов по площади и профили вдоль заданной линии.

Использованы возможности сканирующей электронной микроскопии и микрорентгеноспектрального анализа, заключающиеся в методах исследования микроструктуры материалов, определении количественного элементного состава и построении карт распределения элементов.

Следующим этапом в исследовательской работе определялись показатели износостойкости материала. Для измерения износостойкости упрочняющего покрытия использовалась универсальная машина трения, степени точности 1 по ГОСТ 23.00278, модель 01, предназначенной для измерения износа материала по методу определения потери массы. (Исследования проводились на машине трения в лаборатории кафедры ФФ и Н ИВГУ). Метод испытаний основан на взаимном перемещении прижатых к друг другу с заданным усилием испытываемых образцов. Износ определяется по изменению параметров сопряжения, который основан на определении потери массы. Потеря массы оценивается на аналитических весах ВЛ-200, точность измерения $(0,05-5)10^{-6}$ г. В таблице приведены результаты испытаний на износ сабельных ножей раскройных машин исходных образцов и с нанесенными упрочняющими покрытиями.

Таблица 1

Результаты испытаний образцов на износ

Образцы	Масса образца до истирания, г	Масса образца после истирания, г	Изменение массы, мг	Скорость изнашивания, мг/мин	Интенсивность изнашивания, г/м	Коэффициент трения
1. Нож с вольфрамкобальтовым покрытием	6,0450	6,0426	2	0,10	0,12	0,25
1. Нож без покрытия	6,0519	6,0545	7	0,35	0,41	0,15
2. Нож с карбидвольфрамовым покрытием	5,9130	5,9111	2	0,10	0,12	0,22
2. Нож без покрытия	5,9111	5,9102	9	0,45	0,52	0,18
3. Нож с вольфрамотитанокобальтовым покрытием	6,0445	6,0443	2	0,10	0,12	0,19
3. Нож без покрытия	6,0430	6,0390	4	0,20	0,24	0,10

Из таблицы следует, что изменение массы образцов при истирании меньше на упрочненных лезвиях. Соответственно, при изменении массы изменяется интенсивность изнашивания и скорость изнашивания – уменьшаются на 71 % для первого образца, на 78 % для второго и на 63 % для третьего соответственно, что позволяет рекомендовать данную технологию для повышения ресурса сабельных кромкорезающих ножей раскройных машин.

Таким образом, результаты проведенных исследований поверхности упрочненных ножей, позволяют достоверно утверждать о целесообразности методики упрочнения деталей, предложенных авторами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гвоздев А.А., Комарова Т.А. Исследование возможности повышения ресурса ножей раскройных машин. Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы: сб. материалов XXV Междунар. науч.-практ. форума «SMARTEX-2022», 25 августа 2022 года, 6–7 октября 2022 года. – Иваново: ИВГПУ, 2022. – С.9-13.
2. Гоулдстейн, Дж. Растровая электронная микроскопия и рентгеновский микроанализ: в 2 т./ Дж. Гоулдстейн, Д. Ньюбери, П. Эчлин и др. – М.: Мир, 1984.

ЧИСЛЕННАЯ МОДЕЛЬ ПРОБИТИЯ 3D ОРТОГОНАЛЬНОЙ ТКАНИ ПУЛЕЙ СТРЕЛКОВОГО ОРУЖИЯ

NUMERICAL MODEL OF 3D ORTHOGONAL FABRIC PENETRATION BY AN ARMS BULLET

А. Хабибуллоев, А.П. Гречухин, А.В. Куликов, И.В. Старинец, П.Н. Рудовский
A. Habibulloev, A.P. Grechukhin, A.V. Kulikov, I.V. Starinets, P.N. Rudovsky

Костромской государственный университет
Kostroma State University
E-mail: niskstu@yandex.ru

В статье рассматриваются подходы к численному моделированию пробития пулями стрелкового оружия 3D ортогональных тканей, полученных по технологии многоуточного ткачества с перевязкой одной системой нитей в зоне формирования. Получены трехмерные модели трехмерной ортогональной ткани для проведения виртуального моделирования. Представлен энергетический баланс по результатам расчета.

Ключевые слова: 3D ткань; пулезащита; арамидное волокно.

The paper considers approaches to numerical modeling of arms bullet penetration of 3D orthogonal fabrics produced by multi-weave technology with ligation by one system of yarns in the formation zone. Three-dimensional models of 3D orthogonal fabric for virtual modeling are obtained. The energy balance based on the calculation results is presented.

Keywords: 3D fabric; bulletproof; aramid fiber.

Применение технологии ортогонального трехмерного ткачества позволяет значительно увеличить производительность при производстве материала. Это объясняется тем, что одновременно можно прокладывать несколько нитей, в отличие от обычной ткацкой технологии. Трехмерные ортогональные ткани известны своей повышенной прочностью, примерно на 15-20% при высокоскоростном нагружении благодаря тому, что энергия удара или силовое воздействие на материал распределяется по большей площади. Однако анализ предыдущих способов формирования трехмерных ортогональных тканей показал, что расположение механизма прокладывания вертикальных уточных нитей в зоне «бердо – устройство для сматывания нитей основы» может привести к «растаскиванию» нитей и отходу их от зоны формирования, что, в свою очередь, приведет к большим усилиям, требуемым бердо для создания необходимой плотности слоев [1-10].

При этом требуемая плотность слоев, может быть, не достигнута. Такой факт может стать решающим ограничением при формировании изделий сложного профиля. Поэтому установка механизма прокладывания в зоне «бердо – опушка ткани» имеет определенные преимущества и является рациональной для разрабатываемой системы заправки нитей. Такой подход реализован в работе [11].

Отличительная особенность технологии – отсутствие встречных систем перевязочных нитей (binder, z-yarn). Перевязка осуществляется одной системой нитей (вертикальный уток). Это дает возможность более плотной укладки слоев, возможность использовать перевязочные нити в качестве армирующих (увеличить их линейную плотность) и использовать технологию для получения изделий сложного и переменного профиля. При этом достигается трехмерное равномерное армирование материала, т.к. перевязочные нити могут быть по линейной плотности одинаковыми с нитями основы и горизонтального утка. Изготовлено два ткацких станка для реализации данной технологии. На рис. 1 представлен станок для выработки 3D ортогональной ткани из арамидных нитей. На рис. 2 – из углеродных нитей.

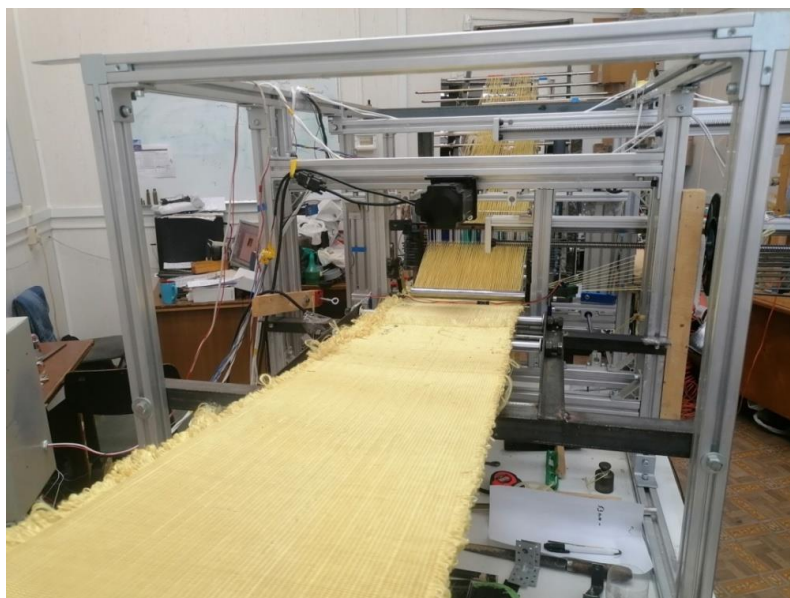


Рис. 1. Станок для формирования 3D ортогональных тканей из арамидных нитей

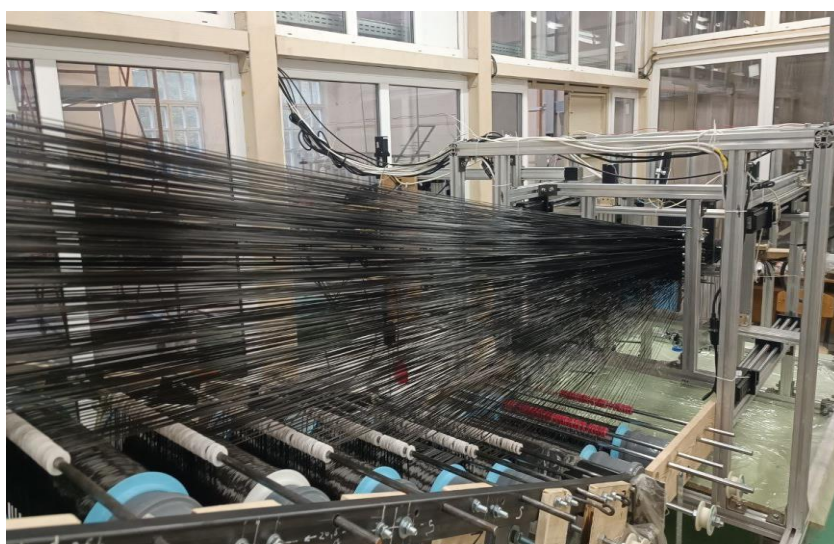


Рис. 2. Станок для формирования 3D ортогональных тканей из углеродных нитей

Ткани из арамидных нитей, в т.ч. трехмерные широко применяют в составе средств индивидуальной бронезащиты.

3D текстильный материал в различном виде (ткань и композит) по-разному работает при высокоскоростном нагружении. Например, в исследовании [12] указано на важную роль армирования в третьем направлении на повышение ударной прочности композитного изделия. В тоже время в работе делается вывод о том, что нить, формирующая третье направление, гасит только 1 % энергии удара (по лицевой стороне ткани) и она должна быть максимально тонкой [13]. Разработка новых материалов тесно связана с моделированием их свойств, т.к. провести анализ процесса высокоскоростного нагружения, например трехмерного материала без использования методов математического моделирования затруднительно [14-17]. Один из наиболее распространенных методов моделирования высокоскоростного нагружения и разрушения материала – метод конечных элементов с явной схемой решения систем уравнений, реализуемый в LS Dyna [18].

Одним из важных вопросов моделирования является устранение эффекта формирования нефизических режимов деформации с нулевой энергией (hourglass или «песочные часы») [18-19] при использовании конечных элементов с одной точкой интегрирования. Существует два основных типа контроля эффекта «песочных часов» - по

жесткости и вязкости. При этом энергия, затрачиваемая на устранение эффекта hourglass должна быть как можно меньше. Нами установлено, что при моделировании высокоскоростного разрушения тканого материала целесообразно использовать метод контроля по жесткости. На основе разработанных нами ранее подходов [20-21] получены трехмерные модели трехмерной ортогональной ткани для проведения виртуального моделирования процесса высокоскоростного нагружения. Учтены эффекты скоростей деформирования, которые изложены в работах [17, 22-23].

Моделирование и эксперимент проводили путем пробития пульей 7Н6 (калибр 5,45 мм). Измеряли скорость пули на входе в ткань и на выходе из нее. Проводили сравнение с аналогичной тканью полотняного переплетения, состоящей из семи слоев. Поверхностная плотность образцов составляла $4,7 \text{ кг/м}^2$. Результаты моделирования представлены на рис. 3. Образец после испытаний представлен на рис. 4.

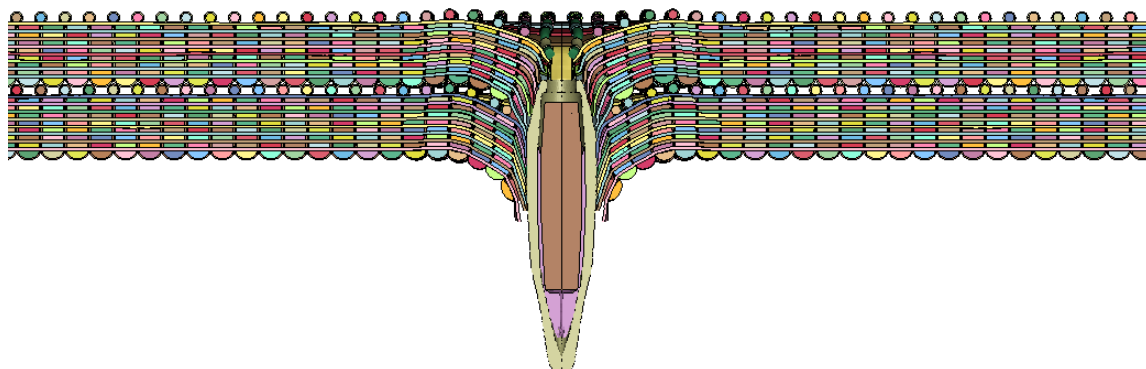


Рис. 3. Результаты эксперимента

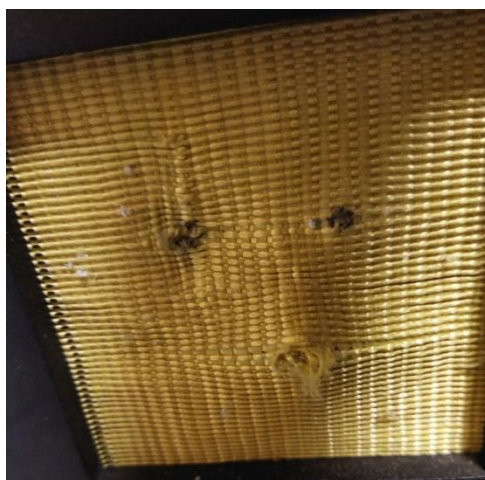


Рис. 4. Образец после испытаний

График изменения энергий представлен на рис. 5.

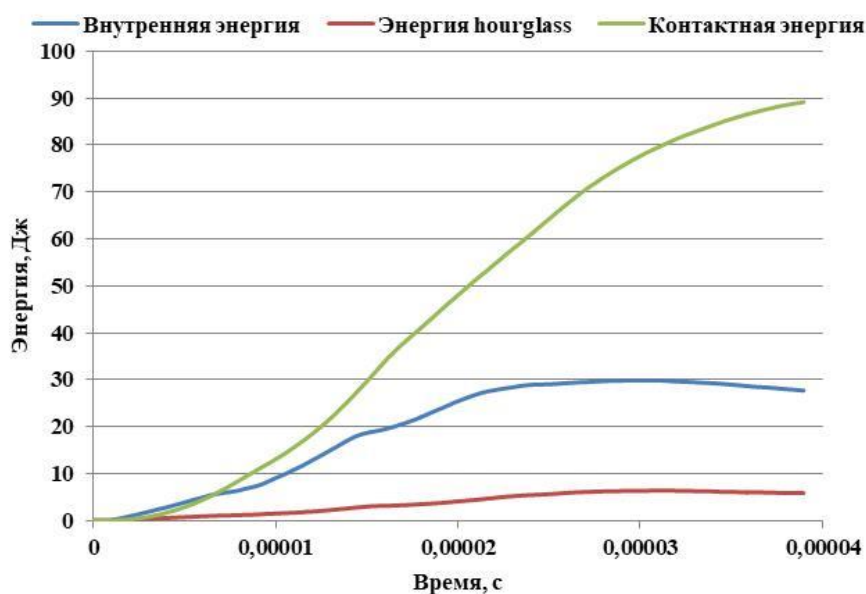


Рис. 5. Изменение энергий различного типа в процессе разрушения материала

По результатам моделирования падение скорости пули составило 56 м/с, а по результатам эксперимента 52 м/с. Начальная скорость пули 895 м/с.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-29-20089

ЛИТЕРАТУРА

1. Huang G., Zhong Z.L. Tensile behavior of 3D woven composites by using different fabric structures. *MaterDes* 2002; 23(7): 671–674.
2. Xiwen Jia., Baozhong Sun, Bohong Gu. Ballistic penetration of conically cylindrical steel projectile into 3D orthogonal woven composite: a finite element study at microstructure level. *Journal of Composite Materials* 45(9) 965–987 (2010).
3. US Patent № 5924459 Air jet machine and diagonal Z loop fabric pattern for three-dimensional fabric // Rowland G. Evans (Washington, DC) – 02.07.97.
4. US Patent № US4526026. Method and apparatus of producing continuous three-dimensional fabrics // Krauland Jr. Konrad – 02.07.1985.
5. US Patent № US5711960A. Biocompatible implant material comprising a tri-axial or more three-dimensional fabric / Yasuo Shikinami – 27.01.1998.
6. CN Patent № CN101412849. Preparation of three-dimensional orthogonal woven fabric reinforced thermoplastic polyimide resin composite material // Hou Shuna, Yao Yao, Qiu Yiping – 22.04.2009.
7. WO Patent № WO2015182923A1. Three-dimensional orthogonal fabric for thermoelectricity // Park Sang-koo – 03.12.2015.
8. CN Patent № CN103061004B. Novel structure three-dimensional fabric and weaving method thereof // Zhu Jianxun Qi, Jiasheng Hu Fangtian, Zhou Xubo Tang, Danfen Qiao Zhizhen – 30.07.2014.
9. US Patent US5465760A. Multi-layer three-dimensional fabric and method for producing // Mansour H. Mohamed A. Kadir Bilisik – 14.11.1995.
10. US Patent № US3834424. Three-dimensional fabric, and method and loom construction for the production thereof / Fukuta K; Miyashita R; Sekiguti J; Nagatsuka Y; Tsuburaya S; Aoki E; Sasahara M. – 10.09.1974.
11. Патент РФ № 2643659, 02.02.18. Гречухин А.П., Ушаков С.Н., Тихомиров Л.А., Зайцев Д.В., Старинец И.В., Селиверстов В.Ю. Способ формирования трехмерной ортогональной ткани.

12. Yu Y.M., Wang X.J., Lim C.W. Ballistic impact of 3d orthogonal woven composite by a spherical bullet: experimental study and numerical simulation / Y.M. Yu, X.J. Wang, C.W. Lim // International Journal of Engineering and Applied Sciences. – 2009. – Vol. 1. – 1-18.
13. Shi W., Hu H., Sun B., Gu B. Energy absorption of 3D orthogonal woven fabric under ballistic penetration of hemispherical-cylindrical projectile/W. Shi, H.Hu, B.Sun, B.Gu // Journal of the Textile Institute. -2011 - Vol. 110. – 875-889.
14. Dong, F.; Yuan, Q.; Liu, J.; Qian, K.; Sun, J.; Zhang, D. Impact behaviors and damage mechanisms of 2.5 woven composites: Experiment and simulation. J. Ind. Text. 2022, 52.
15. Shi X, Sun Y, Xu J, Chen L, Zhang C, Zhang G. Effect of Fiber Fraction on Ballistic Impact Behavior of 3D Woven Composites. Polymers (Basel). 2023 Feb 25;15(5):1170.
16. Gaurav Nilakantan, Suzanne Horner, Virginia Halls, James Zheng, Virtual ballistic impact testing of Kevlar soft armor: Predictive and validated finite element modeling of the V0-V100 probabilistic penetration response, Defence Technology, Volume 14, Issue 3, 2018, P. 213-225.
17. Кудрявцев О.А., Сапожников С.Б. Моделирование на уровне нитей тканых и однонаправленных композитных материалов с термопластичной матрицей при баллистическом нагружении // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Механика. – 2016 – № 3 – С. 108–119.
18. LS-DYNA keyword user`s manual volume II. Material models – Livermore.: Livermore Software Technology Corporation. – 2018, 1619 p.
19. G. Başaran, E. Özbayrmoğlu, O. Bütün, E. Öney, and E. Gürses, “High velocity impact response of high strength aluminum using LS DYNA,” presented at the European LS DYNA Conference, (14 - 16 Mayıs 2019), Koblenz, Germany, 2019, Accessed: 00, 2021. [Online]. <https://hdl.handle.net/11511/77384>.
20. Гречухин А. П., Хабибуллоев А., Рудовский П. Н., Рудковский М. Д. Методика расчета поверхностной плотности трехмерных ортогональных тканей с перевязкой одной системой нитей в зоне формирования / А. П. Гречухин, А. Хабибуллоев, П. Н. Рудовский, М. Д. Рудковский // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2021. – № 4(394). – С. 113-120.
21. Гречухин А. П., Хабибуллоев А., Рудовский П. Н., Методика 3D-моделирования трехмерных ортогональных тканей / А. П. Гречухин, А. Хабибуллоев, П. Н. Рудовский [и др.] // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2023. – № 1(403). – С. 133-138.
22. Rodriguez, J., Chocron, I. S., Martinez, M. A., & Sánchez-Gálvez, V. (1996). High strain rate properties of aramid and polyethylene woven fabric composites. Composites Part B: Engineering, 27(2), 147–154.
23. L. Welsh, J. Harding. Effect of strain rate on the tensile failure of woven reinforced polyester resin composites. Journal de Physique Colloques, 1985, 46 (C5), pp.C5-405-C5-414.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА РАЗРЫХЛЕНИЯ ТЕКСТИЛЬНЫХ ОТХОДОВ

IMPROVEMENT OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF LOOSENING TEXTILE WASTE

И.Г. Хосровян, А.А. Жукова, Г.А. Хосровян
I.G. Khosrovyan, A.A. Zhukova, G.A. Khosrovyan

Ивановский государственный политехнический университет
Ivanovo State Politechnical University
E-mail: khosrovyan_haik@mail.ru

Рассматривается технологический процесс регенерации волокон из текстильных отходов в действующем производстве. Обозначены недостатки процессов подготовки регенерированных волокон для производства нетканых материалов. Описана модернизация разрыхлителя-очистителя, обеспечивающая современные требования к аналогичному оборудованию. Приводятся характеристики модернизированного оборудования, условия проведения производственных исследований и полученные результаты.

Ключевые слова: текстильные отходы, регенерированные волокна, разрыхление, очистка, угарный очиститель, разрыхлитель-очиститель.

The technological process of regeneration of fibers from textile waste in the current production is considered. The disadvantages of the processes of preparation of regenerated fibers for the production of nonwovens are indicated. The modernization of the baking powder cleaner, which provides modern requirements for similar equipment, is described. The characteristics of the upgraded equipment, the conditions for conducting production research and the results obtained are given.

Keywords: textile waste, regenerated fibers, loosening, cleaning, carbon monoxide cleaner, baking powder cleaner.

В последнее время все заметнее становится рост потребности как российских, так и мировых заказчиков в высококачественной и доступной в ценовом плане текстильной продукции. Поэтому все более серьезные требования начинают предъявляться к производителям различных текстильных машин, комплексного оборудования и их отдельных компонентов. Кроме разработки современного оборудования, большое значение имеет также модернизация имеющегося оборудования, отвечающего современным требованиям к нему.

Выполненная нами работа заключается в модернизации оборудования для разрыхления регенерированных волокон, полученных из текстильных отходов.

В ООО «Текстиль Омега» регенерированные волокна после многобарабанной щипальной машины подаются к угароочищающему агрегату УО-1, содержащему питатель-смеситель ПС-1, угарный числитель ЧУ-2, наклонный очиститель ОН-6-2, смеситель непрерывного действия СН-3У. Накопленные в смесителе непрерывного действия СН-3У регенерированные волокна направляются в бункер чесальной машины для получения настила с последующим получением нетканых материалов.

Недостатком угарного числителя ЧУ-2 является то, что в его конструкции не предусмотрено удаление технологического воздуха с сорными примесями, пухом и пылью, которые выделяются в процессе разрыхления волокнистого материала в камере машины, т.е. отсутствует обеспыливание волокнистого материала в зоне разрыхления. Сорные примеси, пух и пыль, содержащиеся в технологическом воздухе возвращаются в волокнистый материал и переходят вместе с ним на следующую машину.

Неоптимальное соотношение диаметра барабанов 400 мм и длины колков 105 мм приводит к тому, что эффективность разрыхления волокнистого материала уменьшается вблизи поверхности барабана, т.е. на уровне основания колков, потому что часть волокнистого

материала (10-15%), находясь в этой зоне, в недостаточном количестве подвергается ударному воздействию колков и колосниковой решетки. В результате, в целом снижается эффективность разрыхления волокнистого материала и степень его очистки.

С целью повышения эффективности разрыхления и очистки волокнистого материала на производстве ООО «Текстиль Омега» была проведена научно-исследовательская работа по оценке эффективности работы угарного числителя ЧУ-2 после его модернизации, а именно, после увеличения диаметров колковых барабанов без колков до 450 мм, уменьшения длины колков до 80 мм. При этом общий диаметр барабанов по колкам составил 610 мм [1].

Благодаря тому, что радиус барабанов увеличен и составляет 450 мм, а длина колка уменьшена и составляет 80 мм при общем диаметре барабанов по колкам 610 мм, уменьшается как угловой сектор, в котором происходит движение клочка волокон после сброса с колка, так и время, за которое клочок достигает зоны колосниковой решетки [2]. То есть, при увеличении радиуса барабанов клочок волокон быстрее достигает зоны колосниковой решетки. Объясняется это тем, что при увеличении радиуса барабанов без колков увеличивается окружная скорость воздушного потока не только вблизи барабанов в камере, но и практически вплоть до колосниковой решетки, и, следовательно, возрастает центробежная сила, действующая на клочок волокон. В силу этого клочок волокон приобретает большую скорость в радиальном направлении и быстрее достигает колосниковой решетки.

Удельная величина силы удара колка о клочок волокон $\bar{F}_{уд}$ равна

$$\bar{F}_{уд} = \frac{F_{уд}}{mg} = \frac{[\omega(R_B + h_{кол})]^2}{k_{уд}gR_{кол}}, \quad (1)$$

где R_B – радиус колкового барабана;

$h_{кол}$ – длина колка;

m – масса клочка волокон;

g – ускорение свободного падения;

ω – угловая скорость вращения колкового барабана;

$R_{кол}$ – радиус клочка волокон (сжимаемый воздухопроницаемый шар);

$k_{уд} < 1$ – коэффициент, учитывающий эффект сжатия клочка волокон при ударе.

Как следует из (1) сила удара колка о клочок волокон практически пропорциональна квадрату радиуса колковых барабанов без колков. Следовательно, увеличение радиуса колковых барабанов без колков интенсифицирует процесс обработки клочка волокон в узле разрыхления разрыхлителя-очистителя волокнистых материалов, т.е. интенсифицирует процесс разделения клочков волокон на меньшие части, разрушения связей и отделения сорных примесей от волокон [3].

При изменении радиуса колковых барабанов без колков от значения 400 мм до значения 450 мм сила удара возрастает более 65 %.

Величина $k_{уд}$, входящая в формулу (1), зависит, в частности, от размеров, массы и степени сжимаемости клочка волокон, а также от частоты вращения колковых барабанов.

Увеличение силы удара колка о клочок волокон и сокращение времени продвижения клочка волокон к колосниковой решетке усиливают взаимодействие клочка волокон с колосниковой решеткой, что, в свою очередь, приводит к увеличению интенсивности очистки.

На клочок волокон при его разрыхлении на колосниковой решетке действуют сила притяжения $m\vec{g}$, \vec{F}_a – аэродинамическая сила; $\vec{F}_{рас}$ – растаскивающая сила; \vec{N} – реакция опоры; $\vec{F}_ц$ – центробежная сила; $\vec{F}_{тр}$ – сила трения клочка волокон о поверхность рабочей грани колосника; $\vec{F}_{кл}$ – сила, действующая на клочок волокон со стороны колка; $\vec{F}_{сопр}$ – сила сопротивления, обусловленная ударным воздействием колосников на клочок волокон.

Силы $\vec{F}_{тр}$, \vec{F}_a , $\vec{F}_{сопр}$ действуют на клочок волокон в направлении, противоположном его движению, следовательно, суммарное действие этих сил производит растаскивающий эффект,

т.е. растаскивающая сила $\vec{F}_{рас} = \vec{F}_{тр} + \vec{F}_a + \vec{F}_{сопр}$. В конечном итоге величина растаскивающей силы равна

$$F_{рас} = km[\omega^2(R_B + h_{кол}) + g] + mg \frac{|\omega(R_B + h_{кол}) - V_{a,p}|}{V_{вит}^2} + F_{сопр}, \quad (2)$$

где $V_{a,p}$ – скорость воздуха на уровне центра масс клочка волокон;

$V_{вит}$ – масса и скорость витания клочка волокон;

k – коэффициент трения клочка волокон о поверхность колосника.

Таким образом, увеличение радиуса колковых барабанов без колков до 450 мм, а уменьшение длины колка до 80 мм при общем диаметре барабанов по колкам 610 мм, приводит к увеличению силы удара колка о клочок волокон и общему сокращению времени продвижения клочка волокон к колосниковой решетке [4].

Кроме того, камеру колковых барабанов в верхней части оснастили специальными направляющими (турбулентными) пластинами, обеспечивающими точно направленное движение клочков волокон. Над пластинами были размещены перфорированные ограждения, выше которых установлен конфузур, соединенный с каналом для непрерывного сбора и отвода технологического воздуха с сорными примесями, пухом и пылью. На боковой стенке машины размещены щели для подачи дополнительного воздушного потока [1,5].

Производственные исследования проводились при частоте вращения колковых барабанов угарного числителя 1050 мин⁻¹. Расход воздуха в осевом очистителе на входе волокнистого материала с использованием быстроходного конденсора КБ-3 составил – 0,6-2,0 м³/сек. Для обеспыливания использовался фильтр ФТ-2М, при этом расход воздуха составил – 1,9-2,0 м³/сек на выходе волокнистого материала из осевого очистителя, который обеспечивал СН-3, составил 1,2-1,4 м³/сек.

Производственные исследования показали, что эффективность разрыхления увеличилась, т.к. уменьшилась объемная масса клочка и средняя масса клочка, что привело к увеличению эффективности очистки волокнистых материалов, которая составила 11,20%.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ и Департамента экономического развития и торговли Ивановской обл., проект № 20-43-370010.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пат. 2785538 Российская Федерация. Разрыхлитель-очиститель волокнистых материалов / Г.А. Хосровян, А.А. Жукова, А.Г. Хосровян – Оpubл. 08.12.2022.
2. Хосровян, И.Г. Общая теория динамики волокнистых комплексов в процессе их взаимодействия с рабочими органами разрыхлителя / И.Г. Хосровян, Т.Я. Красик, Г.А. Хосровян // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012. – № 6. – С. 194-97.
3. Хосровян А.Г. Математическое моделирование процесса очистки волокнистых материалов в разрыхлителе-очистителе / А.Г. Хосровян, Г.А. Хосровян // Международный научно-исследовательский журнал. – 2021, Часть 1. – №4 (106). – С. 86-92.
4. Хосровян А.Г. Теоретические исследования процесса движения волокнистого клочка по рабочему элементу барабана разрыхлителя-очистителя / А.Г. Хосровян, А.А. Жукова, И.Г. Хосровян, Г.А. Хосровян // Международный научно-исследовательский журнал. – 2022 Часть I, №7. С 23-31.
5. Хосровян И.Г. Математическое моделирование процесса разрыхления волокнистой массы в зоне колосниковой решетки на разработанном оборудовании/ С.А. Родионов, А.А. Жукова, Г.А. Хосровян//Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2023. – №1 – С. 127-132..

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА РЕГЕНЕРАЦИИ ВОЛОКОН С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗРАБОТАННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

IMPROVEMENT OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF FIBER REGENERATION USING THE DEVELOPED EQUIPMENT

И.Г. Хосровян, С.А. Родионов, Р.Р. Алешин, Г.А. Хосровян
I.G. Khosrovyan, S.A. Rodionov, R.R. Aleshin, G.A. Khosrovyan

Ивановский государственный политехнический университет
Ivanovo State Politechnical University
E-mail: khosrovyan_haik@mail.ru

В статье рассмотрен технологический процесс переработки текстильных отходов и получения из них регенерированных волокон. Приводятся разработанные технология и оборудование для дополнительного разрыхления, рассортировки волокон, их распределения и транспортировки, которое обеспечивает повышение качества регенерированных волокон с целью их более эффективного использования в общем сырьевом балансе текстильной промышленности. Приведены результаты экспериментальных исследований состава волокнистой смеси после регенерации текстильных отходов и результаты теоретических исследований в виде математической модели и аналитических зависимостей для расчета скоростей воздушного потока, увлекаемого вращением пыльчатого барабана. Описаны разработанные технология и оборудование для дополнительного разрыхления, рассортировки волокон, их распределения и транспортировки, которые обеспечивают поступление на чесальную машину только одиночных волокон, что в свою очередь создает возможность получения новых видов более качественных нетканых материалов.

Ключевые слова: текстильные отходы, регенерация волокон, распределение волокон, разрыхление, одиночные волокна, комплексы волокон.

The article discusses the technological process of processing textile waste and obtaining regenerated fibers from them. The developed technology and equipment for additional loosening, sorting of fibers, their distribution and transportation, which provides an increase in the quality of regenerated fibers in order to use them more effectively in the overall raw material balance of the textile industry, are presented. The results of experimental studies of the composition of the fibrous mixture after the regeneration of textile waste and the results of theoretical studies in the form of a mathematical model and analytical dependencies for calculating the velocities of the air flow entrained by the rotation of the saw drum are presented. The developed technology and equipment for additional loosening, sorting of fibers, their distribution and transportation are described, which ensure that only single fibers enter the carding machine, which in turn creates the possibility of obtaining new ones

Keywords: textile waste, fiber regeneration, fiber distribution, loosening, single fibers, fiber complexes.

В настоящее время в Ивановской области появилось несколько новых предприятий, которые занимаются переработкой текстильных отходов на современном уровне за счет установки более эффективного оборудования.

Так в ООО «Текстиль Омега» установлено несколько технологических линий для регенерации волокон в зависимости от вида перерабатываемых текстильных отходов.

Для резки текстильных отходов на предприятии имеются ротационные резальные машины. Основной процесс разделения отходов на отдельные волокна и комплексы волокон осуществляется на многобарабанных щипальных машинах. После многобарабанной щипальной машины в ООО «Текстиль Омега» регенерированные волокна поступают через трубопровод на пресс для формирования кип.

Для определения характеристик полученной волокнистой массы после регенерации перед формированием кип были взяты пробы. Определялось количество выделения регенерированных одиночных волокон, комплексов волокон и непрядомых составляющих в процентном соотношении.

В таблице 1 представлена характеристика состава волокнистой смеси после регенерации текстильных отходов.

Таблица 1

Характеристика состава волокнистой смеси после регенерации текстильных отходов

Наименование составных частей волокнистой смеси после регенерации	Характеристика волокнистой смеси после регенерации
Выход одиночного волокна, %	58,0
Выход комплексов волокон, %	31,0
Короткие одиночные волокна и комплекс волокна, %	8,0
Нескладируемые отходы, %	3,0

Как вытекает из таблицы 1, волокнистая смесь после регенерации содержит не только одиночные волокна, но и комплексы волокон.

Следует отметить, что на подобных предприятиях (ОАО «Ивата», ООО «ЭкоМир» и др.) по переработке текстильных отходов, процентное соотношение составляющих примерно одинаковое.

Полученная смесь, состоящая из одиночных и комплексов волокон, в основном используется для изготовления нетканых материалов, прежде всего, вязально-прошивным способом. Такие нетканые материалы обычно используются в тех случаях, когда нет особых требований к их качеству. Так нетканые материалы, полученные вязально-прошивным способом в ООО «Текстиль Омега», продают в виде ветоши.

Для обеспечения возможности использования регенерированных волокон с целью расширения ассортимента текстильной продукции необходимо более максимальное и качественное расщепление комплексов волокон до получения одиночных волокон.

Однако, в настоящее время отсутствуют технология и оборудование для обеспечения максимальной регенерации волокон из текстильных отходов с отсутствием комплексов волокон в волокнистой смеси.

В связи с этим существует необходимость разработки технологий и оборудования для повышения качества регенерированных волокон с целью их более эффективного использования в общем сырьевом балансе текстильной промышленности.

В ООО «Текстиль Омега» была выполнена научно-исследовательская работа по оценке эффективности работы установленного в технологической линии (рис. 1) разработанного оборудования для разрыхления, рассортировки волокон, их распределения и транспортировки.

Технологический процесс получения одиночных волокон осуществляется следующим образом.

Регенерированные волокна после многобарабанной щипальной машины подаются к угароочищающему агрегату УО-1, содержащему питатель-смеситель ПС-1, угарный числитель ЧУ-2, наклонный очиститель ОН-6-2, смеситель непрерывного действия СН-3У. Накопленные в смесителе непрерывного действия СН-3У регенерированные волокна подаются на разработанное оборудование для дополнительного разрыхления, рассортировки волокон, их распределения и транспортировки. Данное оборудование обеспечивает выделение из волокнистой смеси одиночных регенерированных волокон и комплексов волокон. Одиночные волокна из распределительной камеры направляются в бункер чесальной машины для получения настила с последующим получением нетканых материалов, а комплексы волокон направляются на повторное разрыхление для получения одиночных волокон в многобарабанной щипальной машине [1,2].

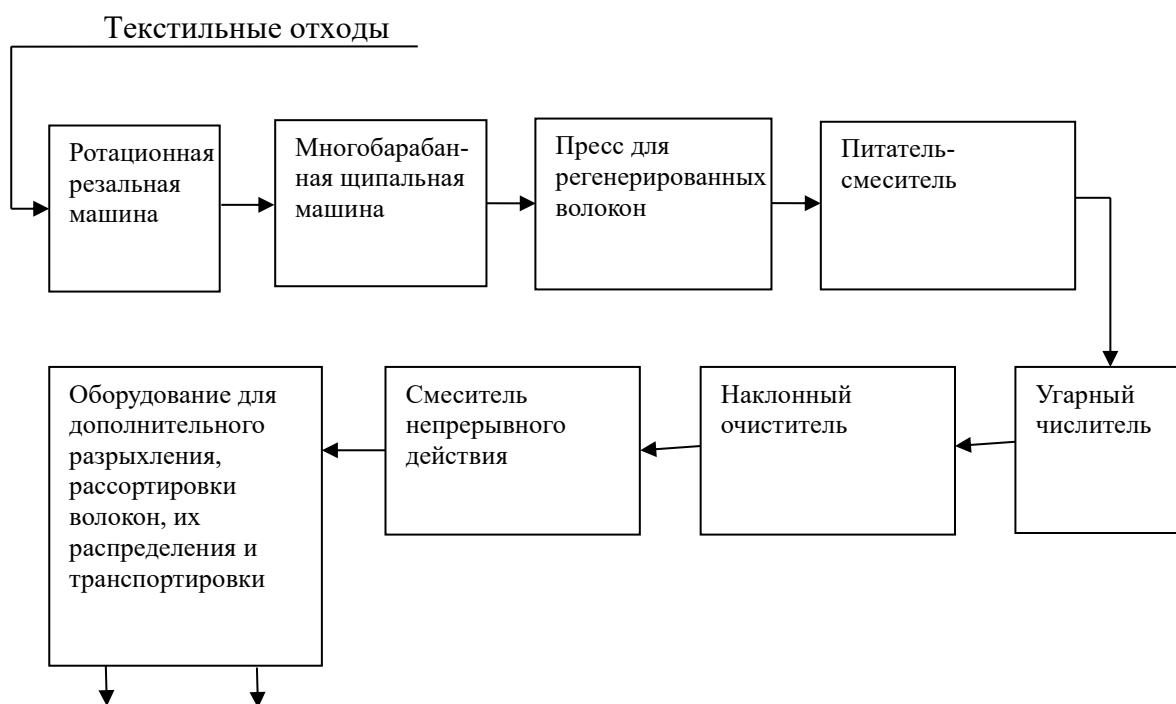


Рис. 1. Схема технологической линии переработки текстильных отходов и получения регенерированных волокон

Оборудование для дополнительного разрыхления, рассортировки волокон, их распределения и транспортировки имеет усиленный приемный узел в виде последовательно и горизонтально установленных пильчатых барабанов. Сверху и снизу пильчатых барабанов установлены сороотбойные ножи и вытяжной канал для непрерывного удаления сорных примесей, непрядомых волокон и мелких текстильных структур, выделяемых из волокнистой массы [3-6].

С целью построения математической модели для расчета траекторий движения сорных частиц после их взаимодействия с зубьями гарнитуры пильчатых барабанов разработанного оборудования рассматривается методика определения спектра скоростей воздушных потоков, возникающих в результате вращения пильчатого барабана.

Комплексная скорость движения сорной частицы от начальной точки до конечной рассчитывается по формуле:

$$\frac{dw}{dz} = u_x - iv_y = v_\infty \left(1 - \frac{R_{n\bar{o}}^2}{z^2} \right) - \frac{\Gamma_m}{2\pi iz},$$

где v_∞ - скорость набегающего на пильчатый барабан потока;

$R_{n\bar{o}}$ - радиус пильчатого барабана;

$z = x + iy$;

u_x и v_y - скорости сорной частицы в начальной и конечной точках.

Циркуляцию скорости воздушного потока \vec{v} по замкнутому контуру обозначим через Γ : $\Gamma = \oint \vec{v} d\vec{s}$. В данном случае знак величины Γ зависит от направления обхода контура и за положительное направление обхода выбирается направление против часовой стрелки. При совпадении направления обхода контура с направлением проекции скорости на ориентированный элемент контура величина $\vec{v} d\vec{s}$ будет положительной. Модуль величины Γ обозначим через Γ_m . Тогда при отрицательной циркуляции (то есть при вращении потока по часовой стрелке) значение циркуляции $\Gamma = -\Gamma_m$.

Приравнивая к нулю комплексную скорость, получаем уравнение:

$$v_{\infty} z^2 - \frac{\Gamma_m}{2\pi i} z - v_{\infty} R_{нб}^2 = 0.$$

Решением этого уравнения являются следующие два числа:

$$(z_k)_{1,2} = \frac{1}{2v_{\infty}} \left(\frac{\Gamma_m}{2\pi i} \pm \sqrt{-\frac{\Gamma_m^2}{4\pi^2} + 4v_{\infty}^2 R_{нб}^2} \right).$$

Преобразовывая полученное соотношение, имеем следующие зависимости для координат критических точек

$$(z_k)_{1,2} = \pm \frac{1}{2v_{\infty}} \sqrt{-\frac{\Gamma_m^2}{4\pi^2} + 4v_{\infty}^2 R_{нб}^2} - \frac{\Gamma_m}{4\pi v_{\infty}} i.$$

Обозначим

$$C_R = \frac{1}{2v_{\infty}} \sqrt{-\frac{\Gamma_m^2}{4\pi^2} + 4v_{\infty}^2 R_{нб}^2};$$

$$C_I = \frac{\Gamma_m}{4\pi v_{\infty}},$$

тогда

$$(z_k)_{1,2} = \pm C_R - i C_I$$

или

$$z_{k,1} = C_R - i C_I;$$

$$z_{k,2} = -C_R - i C_I.$$

Точки z_{k1} и z_{k2} моделируют начальную и конечную координату дуги окружности пыльчатого барабана, которая проходит по кончикам зубьев открытой пыльчатой поверхности в зоне соровыделения.

Таким образом, получена математическая модель и аналитические зависимости для расчета скоростей воздушного потока, увлекаемого вращением пыльчатого барабана.

Следует отметить, что количество выделяемых сорных примесей и непрядомых волокон зависят от местонахождения сороотбойных ножей и разводки между сороотбойными ножами и рабочими пыльчатыми барабанами.

После разрыхления волокнистого материала в зоне пыльчатых барабанов происходит сьем волокон воздушным потоком и движение их в камере рассортировки к зонам формирования слоя, состоящего из одиночных волокон, и слоя, состоящего из комплексов волокон [7].

Слой, состоящий из одиночных волокон, направляется на технологическую линию для изготовления нетканых материалов, а слой, состоящий из комплексов волокон, - на повторное разрыхление с целью получения одиночных волокон.

Таким образом, благодаря разработанному оборудованию для дополнительного разрыхления, рассортировки волокон, их распределения и транспортировки обеспечивается поступление на чесальную машину только одиночных волокон. Полученный на чесальной

машине прочес, состоящий из одиночных волокон, можно использовать для получения новых видов более качественных нетканых материалов.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ и Департамента экономического развития и торговли Ивановской обл., проект № 20-43-370010.

ЛИТЕРАТУРА

1. Родионов С.А. Инновационные разработки теории и технологии производства одиночной и крученой пряжи с содержанием льноволокна /С.А. Родионов, А.Г. Хосровян, А.А. Жукова, И.Г. Хосровян, Р.Р. Алешин, Г.А. Хосровян//Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2022. - №. - С. 96-108.
2. Пат. 2471897 Российская Федерация. Способ получения многослойных волокнистых материалов и устройство для его осуществления/Г.А. Хосровян, А.Г. Хосровян, Т.Я. Красик, И.Г. Хосровян, Т.В. Жегалина. – Опубл. 10.01.2013.
3. Тувин, М.А. Математическое моделирование аэродинамической рассортировки волокон в устройстве для получения многослойных нетканых материалов/М.А. Тувин, И.Г. Хосровян, Т.Я. Красик, Г.А. Хосровян//Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015. – №6. – С. 119-122.
4. Хосровян А.Г. Математическое моделирование процесса очистки волокнистых материалов в разрыхлителе-очистителе / А.Г. Хосровян, Г.А. Хосровян // Международный научно-исследовательский журнал. – 2021, Часть 1. – №4 (106). – С. 86-92.
5. Хосровян А.Г. Теоретические исследования процесса движения волокнистого клочка по рабочему элементу барабана разрыхлителя-очистителя / А.Г. Хосровян, А.А. Жукова, И.Г. Хосровян, Г.А. Хосровян//Международный научно-исследовательский журнал. –2022 Часть I, №7. С 23-31
6. Хосровян И.Г. Математическое моделирование процесса разрыхления волокнистой массы в зоне колосниковой решетки на разработанном оборудовании/ С.А. Родионов, А.А. Жукова, Г.А. Хосровян//Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2023. - №1 - С. 127-132.
7. Хосровян А.Г. Движение волокнистых комплексов в процессе их аэродинамического съема в камере распределения / А.Г. Хосровян, И.Г. Хосровян, Г.А. Хосровян // Международный научно-исследовательский журнал. – 2021, Часть 1. – №3 (105). – С. 84-88.

ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ ОХЛАЖДАЮЩЕГО ТЕКСТИЛЯ

TECHNOLOGIES FOR CREATION OF COOLING TEXTILES

Г.Н. Хуснутдинова, А.А. Азанова
G.N. Khusnutdinova, A.A. Azanova

Казанский национальный исследовательский технологический университет
Kazan National Research Technological University
E-mail: khusnutdinovaGN@corp.knrtu.ru, azanovaAA@corp.knrtu.ru

В связи с наблюдаемой тенденцией к увеличению средних температур во всем мире возрастает интерес к охлаждающим текстильным материалам. Разработки в данной области ведутся как в сфере функциональной отделки, так и в текстильном материаловедении и smart-технологиях. В статье рассматриваются направления и примеры получения охлаждающих материалов легкой промышленности. Повышенный интерес для авторов статьи представляет технология создания охлаждающего текстиля на основе эндотермической реакции сахарных спиртов. На основе опытных данных получены результаты по снижению температуры при увлажнении полиэфирного трикотажного полотна на 2-5°C за счет обработки ксилитом и эритритом в составе полимерной композиции.

Ключевые слова: тепловой комфорт; охлаждающий текстиль; ксилит; эритрит; трикотажное полотно; полимерная композиция; термография.

With the observed trend of increasing average temperatures around the world, interest in cooling textile materials is increasing. Developments in this area are carried out both in the field of functional finishing and in textile materials science and smart technologies. This article provides examples of developed cooling technologies in the field of light industry. Of great interest to the authors of the article is the technology for creating cooling textiles based on the endothermic reaction of sugar alcohols (xylitol and erythritol). Based on experimental data, results were obtained to reduce the temperature when moistening polyester knitted fabric by 2-5°C due to treatment with xylitol and erythritol as part of the polymer composition.

Keywords: thermal comfort; cooling textile; xylitol; erythritol; knitted fabric; polymer composition; thermography.

Ощущение комфорта человека при нестационарном воздействии окружающей среды во многом зависит от одежды – как правило, изделий на основе текстиля. Они служат барьером, поддерживающим необходимые условия пододежного микроклимата за счет собственного теплового баланса человеческого тела и сочетания различных условий окружающей среды и физической активности [1]. При носке одежды теплообмен между телом человека и окружающей средой должен протекать таким образом, чтобы температура воздуха в пододежном пространстве находилась в пределах 20-25°C. Этот температурный интервал гарантирует комфортные условия работы и отдых человека. Увеличение или уменьшение температуры приводит к перегреву или переохлаждению тела, вызывая дискомфорт [2]. На терморегуляцию системы «человек – текстиль» влияют разные показатели: теплопроводность, температуропроводность, воздухо- и паропроницаемость, влагоотдача материала. В условиях холодного климата большое значение приобретают теплозащитные свойства, в условиях умеренного и жаркого – воздухопроницаемость и способность к сорбции и десорбции влаги. Традиционно теплозащитные свойства одежды обеспечиваются за счет воздушных слоев в пакете материалов изделия. В последние годы разрабатываются технологии функциональной терморегулирующей отделки текстиля, также новые материалы, в том числе с применением smart-технологий.

Согласно Всемирной метеорологической организации в последние восемь лет наблюдается тенденция к увеличению средних температур на планете [3]. В связи с этим возрастает спрос на текстильные материалы, обладающие охлаждающим эффектом. Текстильные материалы, которые способны обеспечивать ощущение прохлады и комфорта в жарких и влажных условиях называют охлаждающими. По прогнозам аналитиков из Fortune

Business Insights [4], ожидается, что глобальный рынок охлаждающего текстиля через пять лет достигнет объема в 2,7 млрд долларов.

Основными физическими явлениями, сопровождающими передачу тепла от человеческого тела в окружающую среду, являются: тепловое излучение, конвекция, теплопроводность и испарение [5]. Учитывая пути отвода тепла человека, в настоящее время охлаждающий текстиль разрабатывается на основе следующих технологий:

– поглощение и отведение влаги. Такие материалы позволяют отводить влагу с поверхности кожи человека за счет испарения, создавая ощущение прохлады и сухости. По данному принципу работает технология Omni-Freeze Zero от Columbia [6]. На материале размещены полимерные элементы в виде колец. При попадании на них жидкости (пот, вода) кольца расширяются, резко увеличивая приток воздуха из окружающей среды. Это приводит к охлаждению и испарению жидкости. Таким образом, в основу метода положены физические явления, приводящие к отводу тепла и влаги;

– материалы с фазовым переходом. Это неорганические и органические соединения, способные поглощать или выделять большое количество тепла во время фазовых переходов между твердой и жидкой фазами в узком температурном диапазоне [1]. Данные материалы могут быть получены по технологии микрокапсулирования для обеспечения постоянного охлаждающего эффекта. Например, японский производитель одежды NanoDri [7] для создания охлаждающего текстиля использует микрокапсулы с ксилитом. Стенки микрокапсул выполнены из сквалана и протеина шелка. В качестве основы для нанесения выбрано трикотажное полотно из нейлона 6.6;

– применение водопоглощающих полимеров (гидрогелей), способных поглощать и выделять воду для обеспечения охлаждающего эффекта. Компания ArcticHeat [8] выпускает одежду с кристаллами полимера внутри специализированных карманов, которые при впитывании воды набухают и превращаются в гель. Далее изделие необходимо поместить в морозильную камеру. После аккумуляции холода изделия в процессе носки постепенно охлаждают человека. В работе Беловой И.Ю. и Савченко М.М. [9] разработана конструкция защитного изделия для военнослужащих с использованием гидрогелевой массы для обеспечения эффекта экранирования за счет теплового регулирования;

– повышенная воздухопроницаемость, обеспечивающая максимальную циркуляцию воздуха. Инновационная разработка от Uniqlo – технология AIRism за счет регулируемой циркуляции воздуха между текстилем и телом обеспечивает быстрое испарение влаги [10];

– создание различных покрытий, препятствующих нагреванию текстильных материалов. Так в технологии OmniShade от Columbia [11] на одежду нанесено точечное покрытие на основе диоксида титана, который отражает солнечный свет, уменьшая количество теплоты, поглощаемое человеком. Материал ND-PDA-wool [12], полученный методом погружения благодаря повышенной теплопроводности быстрее рассеивает тепло за счет излучения тепла в окружающую среду и обладает меньшей скоростью нагрева;

– электропроводящие материалы. В работе [13] показан «метатекстиль», позволяющий в зависимости от влажности регулировать теплоотдачу за счет ИК-излучения через ткань в ответ на изменение окружающей среды.

Охлаждающий текстиль обычно используется в спортивной, повседневной и специальной одежде для работающих в жарких условиях и становится все более популярным. Он также применяется для постельного белья, мебели, автомобильных чехлов и т.д. Помимо основной функции охлаждающему текстилю часто придают дополнительные свойства:

– дезодорирующие – многие охлаждающие ткани подвергают антимикробной отделке, чтобы предотвратить рост микроорганизмов и уменьшить неприятные запахи;

– защита от ультрафиолета – такие ткани предназначены для защиты от солнца, блокирования вредных ультрафиолетовых лучей и предотвращения солнечных ожогов;

– легкость и высокая воздухопроницаемость – изготавливаются из легких материалов, которые обеспечивают максимальный поток воздуха и вентиляцию пододёжного пространства;

– способность к быстрой влагоотдаче – быстросохнущий текстиль обеспечивает сухость, предотвращая накопления влаги.

Благодаря достижениям в области материаловедения и технологий отделки текстиля ожидается появление новых инновационных охлаждающих тканей, созданных с учетом экологических требований на основе возобновляемого и биоразлагаемого сырья. Ожидается, что они станут еще более универсальными и широко используемыми в различных отраслях промышленности.

Технологичным решением для обеспечения ощущения прохлады в условиях интенсивного потоотделения является использование сахарных спиртов – ксилита и эритрита за счет их эндотермической химической реакции при поглощении воды, а в случае с одеждой – пота [14-16]. Они также обладают антимикробными свойствами, которые могут предотвращать рост микроорганизмов и появление запаха. Преимуществами использования является также нетоксичность, безопасность для человека и окружающей среды, а также биоразлагаемость, что делает их устойчивой альтернативой синтетическим охлаждающим агентам. Обычно ксилит и эритрит внедряют в волокна или наносят на поверхность ткани.

Авторами рассмотрено применение ксилита и эритрита в составе полимерной композиции на основе акриловой эмульсии для пропитки текстильного материала. Оценку охлаждающего эффекта образцов проводили методом термографии с помощью инфракрасного тепловизора A-BF RX 500. В сравнении с необработанным образцом при рассматриваемых условиях отделки достигался охлаждающий эффект 2-5 градусов (рис.1), однако наблюдалось небольшое снижение воздухопроницаемости (не более 10%).

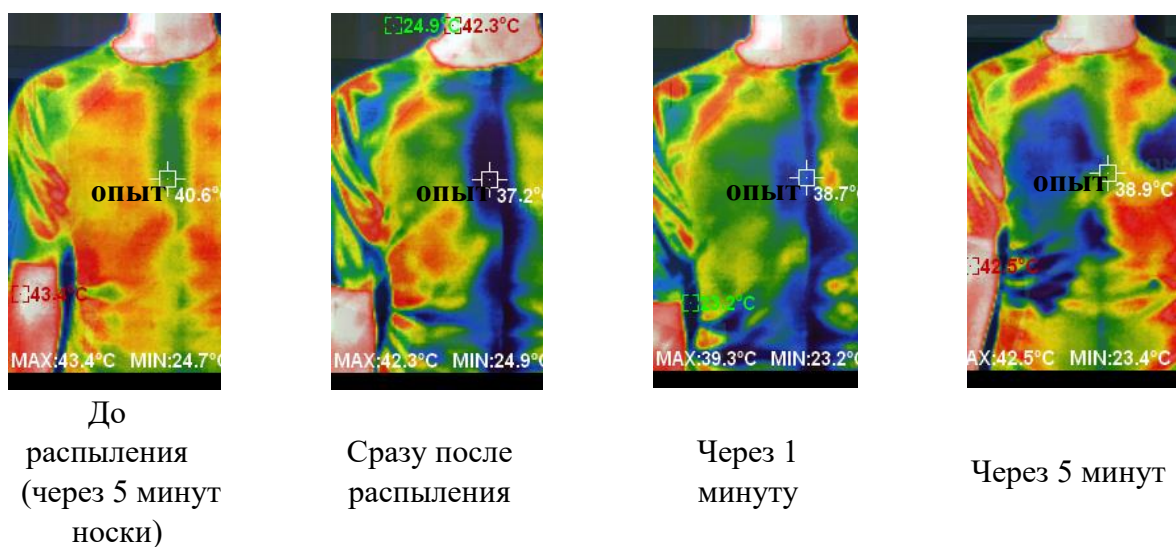


Рис. 1. Оценка охлаждающего эффекта методом термографии

Дальнейшая разработка охлаждающей отделки потребует оптимизации состава полимерных композиций для предотвращения снижения других показателей и получения устойчивого эффекта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Roshan Paul. Functional Finishes for Textiles: Improving Comfort, Performance and Protection. Elsevier, 2014. 678 p.
2. Шустов Ю.С. Основы текстильного материаловедения. М.: ГТУ им А.Н. Косыгина, 2007. 302 с.

3. Всемирная метеорологическая организация [Электронный ресурс]. URL: <https://public.wmo.int/en> (дата обращения 15.09.2023).
4. Fortune Business Insights: Cooling fabrics market size [Электронный ресурс]. URL: <https://www.fortunebusinessinsights.com/cooling-fabrics-market-105768> (дата обращения 15.09.2023).
5. Основы физиологии человека. Учебник для высших учебных заведений, в 2-х томах, под редакцией акад. РАМН Б.И. Ткаченко. СПб., 1994. Т.1. 567с.
6. Охлаждающие ткани: пат. 2538867 Рос. Федерация. № 2013130029/05; заявл. 29.11.2012; опубл. 10.01.2015, Бюл. № 1. 18 с.
7. The CoolHuman Endothermic Cooling Shirt [Электронный ресурс]. URL: <https://www.nanodri.jp/cool-human-endothermic-cooling-shirt.html> (дата обращения 15.09.2023).
8. ArcticHeat. Revolutionary Cooling Products to Counter Heat [Электронный ресурс]. URL: <https://www.arcticheat.com.au/> (дата обращения 15.09.2023).
9. Белова, И. Ю., Савченко М.М. Защитное изделие с регулируемыми экранирующими свойствами // Новое в технике и технологии в текстильной и легкой промышленности: материалы докладов международной научно-технической конференции. Витебск, 2015. С. 129-130.
10. Parissa Naghirian. Japanese Management: Market Entry, Crisis And Corporate Growth. World Scientific, 2021. 224 p.
11. Columbia's latest sun-defying Omni-Shade tech [Электронный ресурс]. URL: <https://www.digitaltrends.com/outdoors/first-look-columbia-omni-shade-sun-deflector/> (дата обращения 15.09.2023).
12. Durable, Lightweight, Washable and Comfortable Cooling Textiles from Nanodiamond/Polydopamine/Wool Nanocomposites / Aisha Rehman et al. MacroMolecular: Materials and Engineering: Wiley online library. 2022. Т.307, is. 5. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/mame.202100856>.
13. Dynamic gating of infrared radiation in a textile / Xu A. Zhang et al. Science. 2022. Т.363, is. 6427. P. 619–623.
14. Одежда с охлаждающим эффектом: безопасная пропитка снижает температуру тела. Официальный сайт бренда детской одежды «Reima» [Электронный ресурс]. URL: <https://reima.ua/ru/content/blog/odezhda-s-okhlazhdayushchim-effektom-bezopasnaya-propitka> (дата обращения 15.09.2023).
15. Cool type fabric weaving process containing xylitol: пат. 106521769В КНР. № CN201611194757.4А; заявл. 22.12.2016; опубл. 01.05.2018. 8 с.
16. Linkedin: Cooling textiles with Xylitol? [Электронный ресурс]. URL: <https://www.linkedin.com/pulse/cooling-textiles-xylitol-mir-quddus-ph-d> – (дата обращения 15.09.2023).

МЕТОД ГЕНЕРИРОВАНИЯ ОБОЛОЧЕК ЦИФРОВЫХ ФИГУР КОРПУЛЕНТНОГО ТЕЛОСЛОЖЕНИЯ

METHOD FOR GENERATING SHELLS OF DIGITAL FIGURES OF CORPULENT PHYSICAL

А.С. Шаршова, М.А. Гусева, А.И. Рогачева
A.S. Sharshova, M.A. Guseva, A.I. Rogacheva

Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина
(Технологии. Дизайн. Искусство), (Москва)
The Kosygin State University of Russia (Moscow)
E-mail: guseva_marina67@mail.ru

Цифровые примерки становятся для большинства потребителей привычным способом оценки приемлемости покупок модной одежды. Однако, существует особая категория населения, для которых процесс визуализации посадки швейного изделия на аватаре недостаточно изучен. В статье представлен опыт авторов по проектированию в цифровой среде сложного рельефа фигур корпулентных женщин. Заявляемый метод генерирования оболочек направлен на достижение высокой степени достоверности визуальной и метрической информации о телосложении фигур с избыточной массой тела.

Ключевые слова: цифровые двойники, корпулентные фигуры, телосложение, рельефность поверхности оболочки аватара.

Digital try-ons are becoming a common way for most consumers to evaluate the acceptability of fashion purchases. However, there is a special category of the population for whom the process of visualizing the fit of a garment on an avatar has not been sufficiently studied. The article presents the authors' experience in designing complex relief figures of corpulent women in a digital environment. The inventive method for generating shells is aimed at achieving a high degree of reliability of visual and metric information about the physique of overweight figures.

Key words: digital doubles, corpulent figures, physique, surface relief of the avatar shell.

Применение цифровых инструментов в проектировании одежды уже не одно десятилетие считается обыденной и привычной технологией. Интересным и востребованным явлением стала цифровая мода, когда потребители формируют персональный виртуальный гардероб (digital-одежда), оценивая приемлемость покупок в VR и AR форматах (в виртуальной и дополненной реальностях) [1]. Привлекательность процедуры оценки посадки швейных изделий на аватарах расширяет круг потенциальных покупателей модной одежды, в число которых входят потребители разнообразного телосложения. Поэтому на современном этапе развития цифровой моды на первый план выходят повышенные требования к достоверности представления геометрии оболочек виртуальных фигур (валидация визуальной информации [2-3]) и антропометрическому соответствию аватаров натурным аналогам [4-5].

В качестве объекта исследования нами выбран процесс представления женских корпулентных фигур в графическом пространстве для задач цифрового проектирования одежды.

Корпулентность женских фигур формируется, в основном, избыточной жировой массой. Сложная пространственная конфигурация корпулентного тела непосредственно задает характер визуального представления поведения материала швейного изделия в трехмерной графической среде, поскольку зональная концентрация жировой массы меняет рельефность поверхности фигуры и формирует новые опорные участки для одежды [6].

В настоящее время о распространенности ожирения среди населения планеты говорят медики, диетологи, социологи, представители торговых организаций и швейной отрасли. Согласно утверждениям Всемирной Федерации Ожирения и Всемирной Организации Здравоохранения свыше 30% взрослого населения и 15% детей страдают избыточным весом

[7, 8]. Полнотелые российские граждане входят в ТОП-пять стран с наиболее многочисленным населением в группе «Ожирение». Анализ научных публикаций показал, что специалисты в направлениях «Медицина» и «Диетология» классифицируют локализацию жировых отложений на женских фигурах по двум укрупненным типам: андройдный (преимущественно в верхнем участке тела и живота) и гиноидный (преимущественно на бедрах и в нижней части живота) [9]. Сосредоточение жировой массы на участке между уровнями талии и бедер [10], меняет конфигурацию тела в трех разновидностях:

- локально по передней поверхности живота (рис. 1, а),
- вокруг тела на участке от линии талии до линии бедер (рис. 1, б),
- с преобладанием избыточной жировой массы на животе и по спинном контуру вокруг линии талии, так называемый «двойной живот» (рис. 1, в).

Равномерное распределение жировой массы по туловищу и верхним конечностям (рис. 1, г), также относят к андройдному типу.

Для гиноидного типа характерны:

- локализация жировой массы от линии талии до коленей, с преобладанием по боковой поверхности ног (рис. 1, д),
- равномерное распределение избыточной жировой массы по нижним конечностям (рис. 1, е).

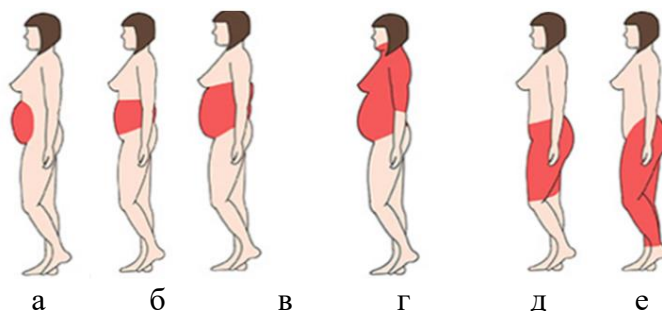


Рис. 1. Примеры локализации избыточной жировой массы на теле женских фигур: а – г – по андройдному типу; д-е – по гиноидному типу

Анализ современных графических программ-симуляторов, визуализирующих персонафицированные аватары фигур человека показал, что подавляющее большинство программных продуктов предоставляет пользователям недостоверные цифровые аналоги [6]. В основном, в симуляторах возможно получить виртуальные фигуры с гладкой поверхностью [11, 12], при этом основные параметры (рост, обхваты груди, талии, бедер, плеча, предплечья, бедра, голени) будут антропометрически приближены к натурным (рис. 2).



Рис. 2. Визуализация персонафицированного аватара по запрашиваемым антропометрическим характеристикам [11]

Установлено, что до настоящего времени, задача визуализации сложного рельефа корпулентного тела, формируемого разнонаправленными жировыми складками, была сложно

реализуемой в каждой отдельно взятой программе. Проведенный анализ современных BodyBuilder графических программ показал, что для адекватности представления сложного рельефа фигур с ожирением необходим комплекс из графических редакторов, включающих инструментарий для генерации текстуры оболочек и обладающих общими модулями обмена файлами. Определено, что экспорт/импорт файлов без потери информации возможен между графическими программами CLO3D [12], Blender и Adobe Photoshop. Симулятор CLO3D популярен среди отечественных специалистов швейной отрасли. Программа позволяет генерировать реалистичные аватары и визуализировать посадку проектируемой одежды, а Blender и Adobe Photoshop применимы для редактирования текстуры объектов.

Для апробации заявляемого способа выбрана женская фигура с ожирением по андроидному типу (рис. 3). Анализ корпулентности телосложения исследуемой фигуры показал, что по передней поверхности форма тела характеризуется «двойным» животом с расходящимися к низу жировыми складками, грудные железы обвислые, степень выступания груди относительно живота незначительная (рис. 3, а). Жировая клетчатка спинного контура с глубокими разнонаправленными бороздами, ягодицы средней степени выпуклости (рис. 3, б). Фигуры с ожирением по андроидному типу часто характеризуются, как равновесные по фронтальному абрису (рис. 3, в-г).

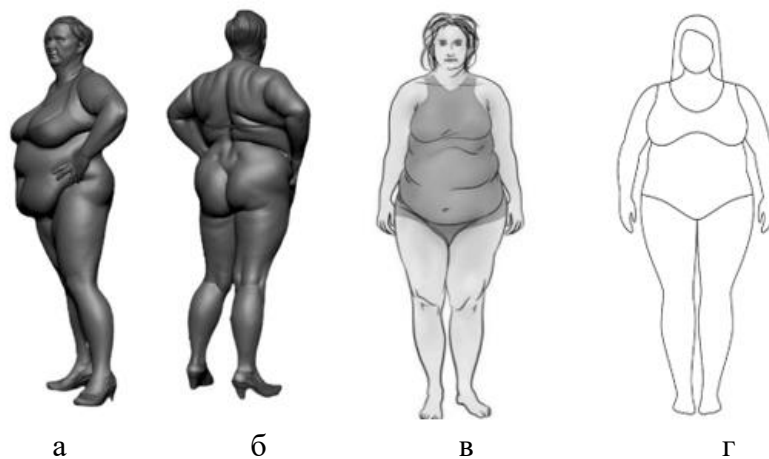


Рис. 3. Общий вид женской фигуры с ожирением по андроидному типу: а – скан-образ, вид $\frac{3}{4}$, б – скан-образ, вид сзади [13]; в – технический рисунок корпулентной фигуры; г – абрис фигуры

Первый этап, посвященный разработке аватара женской фигуры с ожирением, выполнен в программе CLO3D. Проведен подбор ближайшего аналога (рис. 4, а), соответствующего натурному по размерным признакам «Обхват груди третий», «Обхват талии», «Обхват бедер с учетом выступа живота». Анализ рельефности оболочки первичной виртуальной фигуры показал, что программный алгоритм и инструментарий CLO3D не предназначены для детальной визуализации сложной формы корпулентного тела.

Второй этап эксперимента был посвящен генерированию сложного рельефа оболочки аватара. Выполнена конвертация первичной фигуры из CLO3D в сопряженную графическую среду Blender. Общий для программных сред формат «OBJ» позволил многократно экспортировать/импортировать рабочие файлы. Рельеф оболочки сформирован пошагово с использованием инструментов «SculptDraw и Draw Sharp» (рис. 4, б).

На третьем этапе выполнено моделирование текстуры оболочки аватара для достижения максимального визуального сходства с кожным покровом натурной женской фигуры. Текстура развертки оболочки корректировалась инструментарием программы Photoshop (рис. 4, в-г). Для визуальной достоверности выполнена имитация шрамов «растяжек» и «целлюлитной корки» (рис. 4, д), присущих кожному покрову тел с излишками жировой массы.

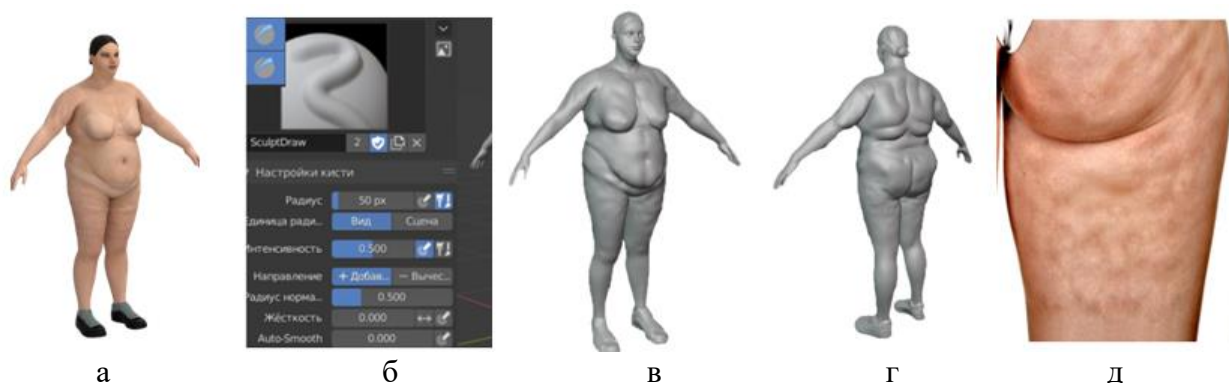


Рис. 4. Этапы генерирования аватара корпулентной женской фигуры: а – аватар CLO3D с равномерно гладкой оболочкой; б-г – генерирование сложного рельефа в Blender; д – формирование текстуры оболочки в Photoshop

Заключительный этап эксперимента посвящен рендерингу аватара в среде CLO3D. Преимуществом симулятора CLO3D является наличие возможности визуализации посадки проектируемых швейных изделий на персонифицированных аватарах. Для осуществления этих манипуляций генерированную корпулентную фигуру подвергли процедуре рендеринга (рис. 5, а-в) для последующей виртуальной примерки (рис. 5, г-е).



Рис. 5. Окончательный этап генерирования: а -готовая фигура по виду спереди; б – вид сбоку; в – вид сзади; г-е – ракурсы виртуальной примерки проектируемого изделия

Разработанный метод генерирования в сопряженных графических программах оболочек цифровых фигур корпулентного телосложения направлен на повышение качества визуальной и параметрической информации об особенностях морфологии и размерных характеристиках женских фигур с повышенной степенью жиротложений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хмелевская А.Г. Аксиологические аспекты цифровой моды // Международный научно-исследовательский журнал. – 2022. Вып. № 1 (125). – С. 1-7.
2. ГОСТ Р ИСОМЭК 17029-2022 Оценка соответствия. Общие принципы и требования к органам по валидации и верификации. – М.: ФАУ НИИ, 2022. – 29 с.
3. ГОСТ Р 57700.37–2021 Компьютерные модели и моделирование. Цифровые двойники изделий. Общие положения. – М. Российский институт стандартизации, 2021, 15 с.
4. Шаршова А.С., Али к. К., Гусева М.А. Влияние адекватности цифровых двойников корпулентных фигур на качество проектных работ // В сборнике: Церевитиновские чтения – 2023. материалы IX Международной научно-практической конференции. Москва, 2023. – С. 15-17.
5. Кузьмичев В.Е. Развитие антропометрического обеспечения процессов конструирования одежды для цифровой экономики // В сборнике: Инновации в текстиле, одежде, обуви (ICTAI-

- 2022). Материалы докладов международной научно-технической конференции. Витебск. – 2022. С. 57-60.
6. Гусева М.А., Шаршова А.С., Андреева Е.Г. О перспективах цифровой моды для полных женщин // Костюмология. — 2023. — Т. 8. — № 2.
7. Baruth M., Sharpe P.A., Magwood G., Wilcox S., Schlaff R.A. Body Size Perceptions among Overweight and Obese African American Women // *Ethnicity & Disease. Original Report: Obesity.* Vol 25, No 4. 2015. [Электронный ресурс] URL: <https://www.ethndis.org/edonline/index.php/ethndis/article/view/234/295> (дата обращения 03.02.2023).
8. Алфёрова В.И., Мустафина С.В. Распространенность ожирения во взрослой популяции Российской Федерации (обзор литературы). // *Ожирение и метаболизм.* – 2022. № 19(1). – С. 96-105.
9. Драпкина О.М., Самородская И.В., Старинская М.А., Ким О.Т., Неймарк А.Е. Ожирение: оценка и тактика ведения пациентов. Коллективная монография. М.: ФГБУ «НМИЦ ТПМ» Минздрава России; ООО «Силицея-Полиграф». 2021. —174 с.
10. Гусева М.А., Шаршова А.С., Али к. К., Андреева Е.Г. Параметризация женских фигур с излишней полнотой для цифрового проектирования одежды / Свидетельство о рег. БД 2023621476. Оpubл. 12.05.2023, бюл. № 5.
11. Body Builder [Электронный ресурс] URL: <https://bodyvisualizer.com> (дата обращения 05.02.2023)
12. CLO3D [Электронный ресурс] URL: <https://www.clo3d.com/en/> дата обращения 23.08.2021)
13. FEMALE ANATOMY STUDY [Электронный ресурс] URL: <https://www.zbrushcentral.com/t/female-anatomy-study/383034> (дата обращения 03.09.2023).

ХАРАКТЕРИСТИКИ И СВОЙСТВА ТКАНИ ИЗ КОНОПЛИ

CHARACTERISTICS AND PROPERTIES OF HEMP FABRIC

С.Е. Шипова, Е.С. Куклина, Т.Н. Новосад
S.E. Shipova, E.S. Kuklina, T.N. Novosad

Ивановский государственный политехнический университет
Ivanovo State Polytechnic University
E-mail: sveta.aladina@mail.ru, kuklina.elena@inbox.ru, ktn5225@yandex.ru

В данной работе рассмотрены характеристики ткани из конопли.

Ключевые слова: свойства, экологичность, безопасность, натуральные волокна.

In this work, the characteristics of hemp fabric are considered.

Key words: properties, environmental friendliness, safety, natural fibers.

Конопля (от латинского названия конопли – *Cánnabis*) имеет долгую историю глобального использования в качестве пищи, волокна, топлива и лекарства. Благодаря археологическим свидетельствам, конопля была одним из первых выращиваемых волокнистых растений. Выращивание технической конопли дает урожай в виде семян и ботвы. При промышленной переработке из растений получают волокна. Из волокон изготавливают: одежду, бумагу, строительные материалы, веревки (пеньку), нитки для вязания. Пеньковая нить очень крепка, получаемые из неё ткани отличаются прочностью, поэтому пенька и считается одним из лучших материалов для канатного и верёвочного производств.

Одна из причин, по которым ценится конопляное волокно, связано с его длиной. Первичные лубяные волокна в коре имеют длину 5-40 мм и объединены в пучки волокон, длина которых может составлять 1-5 м (вторичные лубяные волокна имеют длину около 2 мм). Древесные сердечниковые волокна имеют короткую длину около 0,55 мм, и как волокна лиственных пород выделяются вместе со значительным лигнином [1].

Переработка и выращивание конопли не наносит вред природе. А получаемые волокна гипоаллергенно.

Материал из конопли (хемпа) мягок и прочен, долговечен, а при постоянном использовании удивительные свойства конопляной ткани даже усиливаются. Стойкость материала поддерживается особой структурой волокон конопли: устойчивость к внешним воздействиям, ткань не деформируется и не портится при стирке при температуре 90 градусов, не теряет форму в процессе носки.

Ткань из конопли содержит естественные UV-фильтры, предотвращающие летом сгорание кожи. Все это сделало ткань из конопли объектом интереса современных дизайнеров. Новым направлением является получение модифицированного пенькового волокна путем котонизации. Котонизированное пеньковое волокно возможно перерабатывать в смеси с хлопком и химическими волокнами, что позволит расширить ассортимент готовой продукции, а также заменить импортный хлопок на отечественное сырье. Кроме того, получение из конопли целлюлозного (вискозного) волокна путем растворения и формования позволит приобретать в России новое пополнение целлюлозных волокон типа Lioscell, получаемых по бессероуглеродному способу за счет применения прямых растворителей целлюлозы, с более экономичным и экологичным процессом их производства по сравнению с вискозным волокном.

Конопля по определению некоторых международных экспертов становится одной из главных культур XXI века. В настоящее время возникла необходимость восстановления производства пенькового волокна, что диктуется свойствами этого волокна [2].

Ткань из конопли хорошо пропускает воздух, держит форму, не линяет. Готовый текстиль внешне схож с плотными образцами льна и хлопка.

Изделия из конопли практичны и удобны в использовании, так как обладают множеством положительных качеств:

- прочность и износостойкость;
- гигроскопичность;
- гипоаллергенность;
- не накапливают статическое электричество;
- лёгкость и устойчивость окраски;
- устойчивость к деформации.

Главным преимуществом выступает безопасность и экологичность ткани. Мода на натуральные полотна обусловила спрос на дорогостоящий престижный текстиль.

При постоянном использовании конопляная ткань становится более активной и сохраняет способность нейтрализовать токсины, не дает развиваться болезнетворным микробам, не создает условий, препятствующих обменным процессам в коже. Гигиеничность обеспечивается свойствами природной мембраны: натуральная ткань не создает "парникового" эффекта на поверхности тела под одеждой, что позволяет коже свободно дышать. Ткань из конопли исключает перегрев тела в жаркую погоду и переохлаждение в холодное время года.

Таким образом, техническая конопля является многоцелевой культурой. Уникальные свойства растения делают его очень ценной и устойчивой культурой. Экологически чистая, прочная конопляная ткань становится более востребована как у простых потребителей, так и у дизайнеров. Из нее шьют одежду, аксессуары, домашний текстиль.

ЛИТЕРАТУРА

1. Конопляное волокно (пенька) [Электронный ресурс]: информация подготовлена специалистами сайта: <https://rhemp.ru> – Режим доступа: <https://rhemp.ru/hemp-fiber> (дата обращения на сайт: 20.09.2023).
2. Лаврентьева Е.П., Санина О.К., Белоусов О.Р. Глубокая переработка лубяных волокон – путь к возрождению национальных традиций России // Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство), Центральный научно-исследовательский институт промышленности и сельского хозяйства.
3. Захарова А.Н. Волокна на основе посевной конопли и возможность их использования в медицинских повязках. А.Н. Захарова, Д.А. Лутова, М.С. Лисаневич, А.В. Куликов // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2023. – № 4(406). – С. 140-145. – DOI 10.47367/0021-3497_2023_4_140

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ТЕКСТИЛЬНЫХ КОМПОЗИЦИЙ

USING NEURAL NETWORKS FOR THE DEVELOPMENT OF TEXTILE COMPOSITIONS

А.Н. Шкарпицкий, А.И. Самсонова, И.А. Суворов
A.N. Shkarpitsky, A.I. Samsonova, I.A. Suvorov

Ивановский государственный химико-технологический университет
Ivanovo State University of Chemical Technology

E-mail: h2so4corotcovo@gmail.com, alenyshka.2016.samsonova@mail.ru, unsuvorov@gmail.com

В работе представлены результаты оценки потенциала использования нейронных сетей для создания веб-сервиса, направленного на проектирование текстильных композиций с помощью нейронных сетей. Проектирование изображения велось с учетом набора параметрических данных, подаваемых на вход. Алгоритм нейронной сети был реализован с использованием двух вспомогательных нейронных сетей “Дискриминатор” и “Генератор” алгоритм работы которых позволил определить “удачные” генерации, на основе которых были получены выходные изображения.

Ключевые слова: дискриминатор, генератор, нейронная сеть, текстильная композиция.

The paper presents the results of assessing the potential of using neural networks to create a web service aimed at designing textile compositions using neural networks. The image design was carried out taking into account a set of parametric data supplied to the input. The neural network algorithm was implemented using two auxiliary neural networks “Discriminator” and “Generator”, the algorithm of which made it possible to determine “successful” generations, on the basis of which the output images were obtained.

Key words: discriminator, generator, neural network, textile composition.

Использование нейронных сетей в роли ключевого инструмента или дополнительного ресурса находится в центре современных рабочих процессов. В особенности они распространены у таких направлений, как дизайн, медицина, аналитика, маркетинг, контроль качества.

Целью данного исследования является оценка потенциала использования нейронных сетей для создания веб-сервиса, который будет способен автоматизировать процесс проектирования графических композиций с использованием машинного обучения. Основной задачей данной работы является внедрение искусственного интеллекта в текстильную промышленность Ивановской области с целью стимулирования экономического роста в сфере легкой промышленности. Планируется что решение поставленной задачи будет достигаться путем применения передовых технологий и алгоритмов искусственного интеллекта, которые помогут улучшить и оптимизировать процессы в текстильной отрасли.

Для достижения поставленной цели был использован GAN (generative adversarial network, генеративно-сопоставительная нейросеть). В основе, которой лежит использование генератора и дискриминатора, который настроены на работу друг против друга. [1]

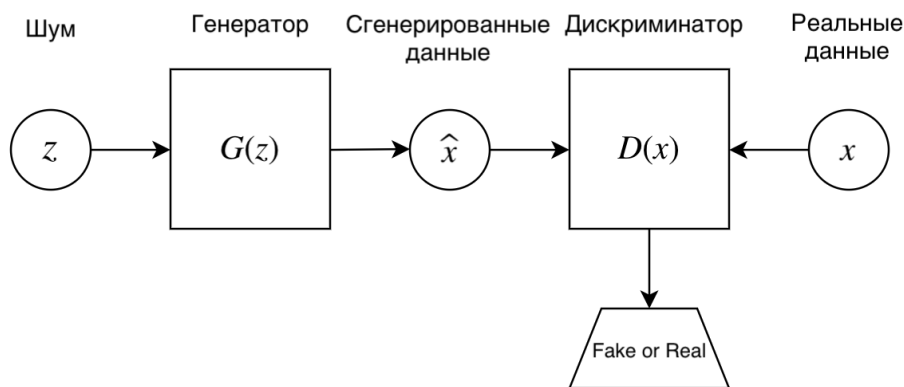


Рис. 1. Оригинальная архитектура Gan

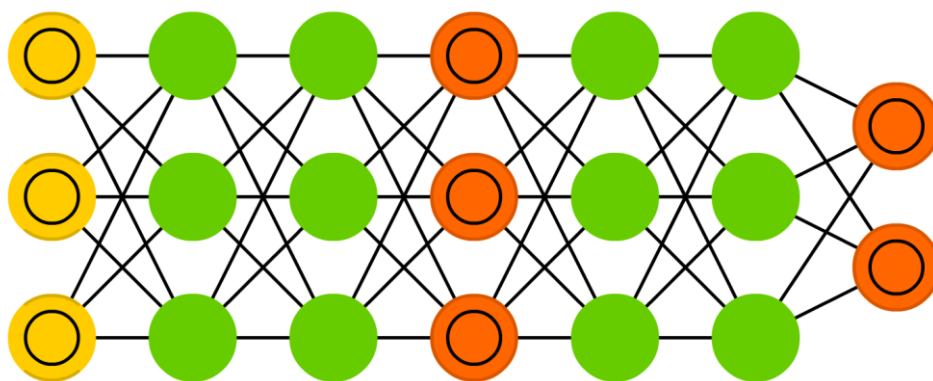


Рис. 2. Макет генеративно-состязательной нейронной сети

Дискриминатор для распознавания использует сверточные нейронные сети (convolutional neural networks, CNN). [2] На вход нейронной сети подаётся большое количество изображений, с указанием нахождения того или иного объекта (что называется “разметка”), после этого нейросеть уже способна сама распознавать указанный объект. В свою очередь генератор занимается формированием изображений начиная с генерации произвольного шума, на котором постепенно начинают проступать фрагменты искомого изображения. В качестве генерирующей нейронной сети могут использоваться нейронные сети прямого распространения (feed forward neural network, FFNN). [3]

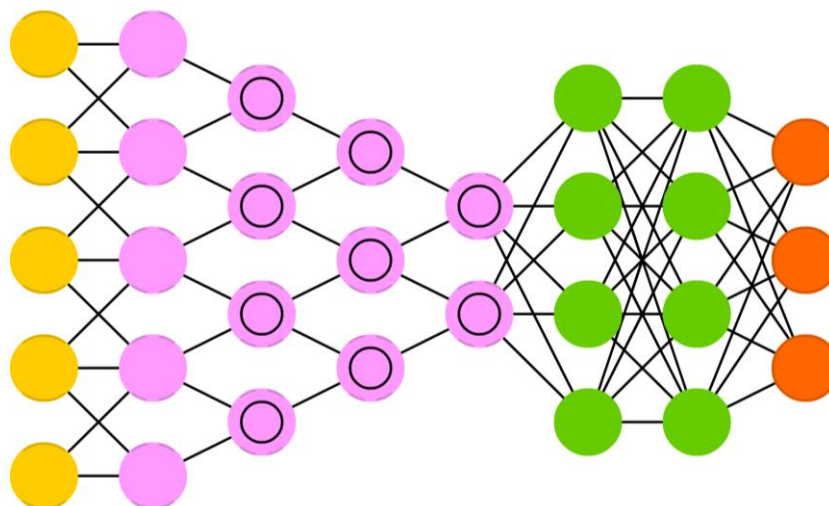


Рис. 3. Макет сверточной нейронной сети

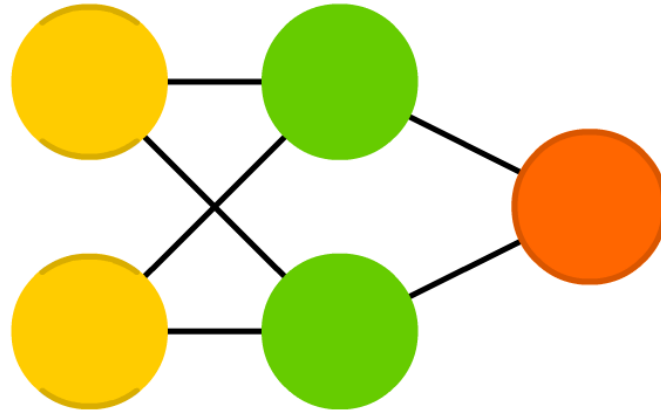


Рис. 4. Макет нейронной сети прямого распространения

GAN в своей работе проходит несколько этапов:

1. Генератор на вход получает случайно подобранное число и возвращает изображение.
2. Сгенерированное изображение в свою очередь подается в дискриминатор вместе с потоком других изображений взятых из фактического набора данных.
3. Дискриминатор принимает как реальные, так и поддельные изображения возвращая вероятности, числа от 0 до 1, где 1 — это подлинное изображение, а 0 поддельное.

Исходя из этого получаем двойной цикл обратной связи:

1. Дискриминатор находится в цикле с достоверными изображениями
2. Генератор находится в цикле с дискриминатором

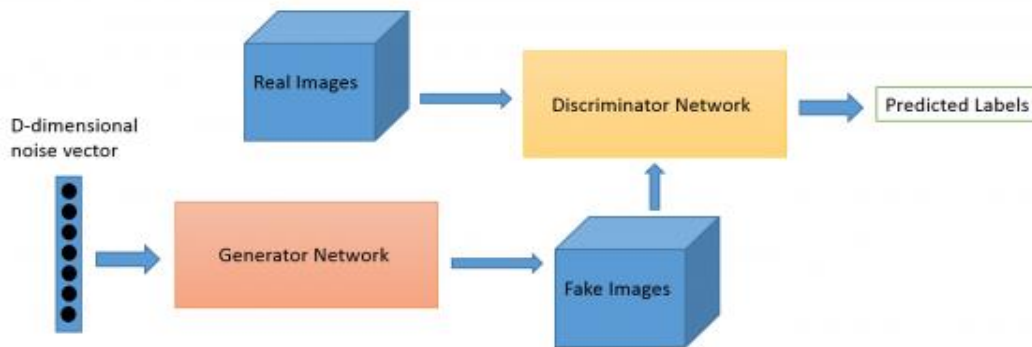


Рис. 5. Двойной цикл обратной связи

С математической точки зрения, в современной теории вероятностей, основанной на теории меры, вероятностное пространство также должно быть оснащено σ -алгеброй. В результате более строгое определение GAN внесло бы следующие изменения:

- Каждое вероятностное пространство $(\Omega, \beta, \mu_{Tef})$ определяет GAN
- Набор стратегий генератора $P(\Omega, \beta)$ множество всех вероятностных мер μ_G на пространстве меры (Ω, β)
- Набора стратегий дискриминатора собой набор марковских ядер. $\mu_D : (\Omega, \beta) \rightarrow P([0,1], \beta([0,1]))$, где $\beta([0,1])$ является борелевской σ -алгеброй на $[0,1]$.

При реализации данного веб-сервиса стоит учитывать множество входных параметров изображения, которые будут подаваться на вход для обучения нейронной сети. Стоит учитывать, что для лучшей генерации изображений, стоит в запросе указывать такие параметры как: цветовая модель, используемый профиль для данной модели, разрешение, а также другие параметры, которые напрямую будут зависеть от заказчика. [4-5] Сами же

текстильные предприятия в большинстве случаев используют формат файлов с изображением, используемый для печати на ткани, является формат .tif. В цветовой модели предпочтение отдают RGB, так как он имеет больший диапазон оттенков, а современное оборудование позволяет их воспроизвести в какой-то степени. Для RGB в основном используется профиль sRGB для более спокойных оттенков, но также может использоваться и такой профиль как Adobe RGB для максимально насыщенных и контрастных оттенков. [6] Также в качестве цветовой модели может использоваться и CMYK для него используется такой профиль как Fogra39, так как у него более насыщенные оттенки.

Масштаб самого рисунка должен быть в соотношении 1:1 Так как ткань дает усадку от 0,5 до 2% в зависимости от плетения и наличия эластана. Добавьте дополнительный размер в макет.

В отношении вопроса о разрешении, оно не должно превышать 150 dpi но и не менее 72 dpi. Это разрешение позволяет получать максимально допустимое качество. Получить качество выше не позволяет сама структура ткани. Разница между печатью файлов с 150 dpi и, например, 300 dpi не видна на 99 % текстильных материалах. Для экономии дискового пространства и трафика, используется сжатие LZW, которое в свою очередь никак не влияет на качество изображения.

Использование нейронных сетей в создании веб-сервиса для автоматизации проектирования графических композиций представляет значительный потенциал для текстильной промышленности. Машинное обучение и искусственный интеллект могут значительно улучшить эффективность и точность процессов в данной отрасли.

Интеграция искусственного интеллекта в текстильную промышленность Ивановской области может способствовать стимулированию экономического роста. Автоматизированные системы проектирования и оптимизации могут снизить издержки и повысить качество продукции, что приведет к увеличению конкурентоспособности региона на рынке легкой промышленности.

Работа выполнена при поддержке Фонда содействия инновациям по проекту №СтС-308785: «Разработка веб-сервиса для проектирования графических текстильных композиций на основе машинного обучения».

ЛИТЕРАТУРА

1. Neurohive – 12.09.2023. – Режим доступа: <https://neurohive.io/ru/osnovy-data-science/gan-rukovodstvo-dlja-novichkov/>
2. Tproger издание о разработке – 12.09.2023. – Режим доступа: <https://tproger.ru/translations/neural-network-zoo-1/>
3. Журнал «Легкая промышленность. Курьер»: легкая промышленность и текстильная промышленность – 25.08.2023. – Режим доступа: <https://lp-magazine.ru/lpmagazine/2023/3/1230>
4. Карасева, А. И., Костылева, В. В., Сулайманова, Д. И. Инновационные технологии в легкой и текстильной промышленности (innovative technologies in lightand textile industry) //Научная конференция. С. 82.
5. Баррат Дж. Последнее изобретение человечества: Искусственный интеллект и конец эры Homo sapiens. М.: Альпина нонфикшн, 2015. 304 с.
6. Васильева Д. Тенденции в развитии искусственного интеллекта // URL: http://robotoved.ru/iskusstvennii_intellket_development/ (дата обращения: 16.12.2019).
7. Белгородский В.С., Гусева М.А., Андреева Е.Г., Рогожина Ю.В., Искусственный интеллект в оценке качества готовой швейной продукции «Известия вузов. Технология текстильной промышленности», Выпуск № 2 – 2022, №2. С. 168-177.

ВОЗМОЖНОСТИ ФИЗИЧЕСКОЙ МОДИФИКАЦИИ ХИМИЧЕСКИХ НИТЕЙ

POSSIBILITIES OF PHYSICAL MODIFICATION OF CHEMICAL THREADS

Е.С. Куклина, С.Е. Шипова, А.Ю. Матрохин
E.S. Kuklina, S.E. Shipova, A.Yu. Matrokhin

Ивановский государственный политехнический университет
Ivanovo State Polytechnic University
E-mail: kuklina.elena@inbox.ru, sveta.aladina@mail.ru, matrokhin.igta@mail.ru

Рассмотрены методы физической модификации на стадии формирования химических нитей и способы модификации готового волокна. Показаны их преимущества и недостатки.

Ключевые слова: химические волокна; модификация.

Methods of physical modification at the stage of spinning chemical yarns and methods of modifying the finished fiber are considered. Their advantages and disadvantages are shown.

Keywords: chemical fibers; modification.

Перспективным направлением развития производства химических волокон является модификация волокон и нитей синтетического происхождения с целью придания им новых или существенного изменения имеющихся свойств. Особо актуально рассмотрение свойств, показатели которых представляют собой контрарные целевые функции, когда в зависимости от назначения материала необходимо достичь предельно максимального или минимального значения, либо нейтрального среднего уровня.

В отношении химических волокон и нитей рассматривают физическую и химическую модификации. Физическая модификация происходит с изменением надмолекулярной структуры, формы или поверхности волокна без изменения химического состава [1]. При этом физические методы модификации химических нитей в основном используют на стадии формирования и их последующей обработки.

На стадии формирования химических нитей наибольшее распространение получили следующие методы модификации:

- введение добавок в прядильный (формовочный) раствор или расплав полимеров;
- профилирование волокон;
- формирование бикомпонентных волокон;
- формирование химических волокон из смесей полимеров.

Одно из направлений физической модификации волокон – профилирование нитей, достигаемое применением при их формировании фильер, имеющих отверстия различной формы: треугольника, многолучевой звезды, трилистника, двойного ромба, щелевидные разной конфигурации и т.д. Этим способом модификации придается шероховатость, повышенная цепкость. Текстильные нити и материалы из таких волокон приобретают повышенную объемность, пористость и удельную поверхность. В этом направлении актуальными являются всесторонняя оценка геометрических характеристик и исследование их связи с искомыми свойствами волокон и нитей, например, гигроскопичностью либо способностью отводить влагу (капиллярностью).

Физическая модификация сформованных нитей проводится в основном двумя способами:

- текстурированием нитей;
- заключительной отделкой поверхности нитей.

Эффективным методом получения нитей с заданными свойствами является текстурирование протягиванием по ребру (стальному лезвию). В результате возникающей

сложной деформации нити возникают микрповреждения, увеличивающие шероховатость и площадь боковой поверхности, контактирующей с внешней средой. К преимуществам физической модификации текстурированием можно отнести отсутствие необходимости дополнительного обезвреживания сточных вод, ввиду неприменения химических реагентов. Известны и другие способы физического воздействия, влияющие на гигроскопичность синтетических материалов [2]. Ряд научных работ, связанных с заключительной отделкой нитей, посвящены снижению их гигроскопических свойств [3].

Таким образом, для получения нити, обладающей повышенной гигроскопичностью целесообразно сочетать разнообразные способы физической модификации, способствующие увеличению пористости, удельной поверхности нити с учетом макро- и микронеровностей.

Задачами исследований в области физической модификации химических нитей, направленной на повышение их гигроскопичности, является обоснование «идеального» профиля нити и его получение в процессе формования, а также разработка ряда дополнительных технологических операций, обеспечивающих необходимое механическое воздействие на стадии вытягивания сформованных нитей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Е.А. Сергеева, И.Ш. Абдуллин, Л.А. Зенитова, К.Д. Костина Анализ способов модификации волокнистых материалов // Вестник технологического университета. -2015. -т. 18, № 20.- С. 164.
2. Л.В. Антонова, М.А. Заболотских Исследование влияния радиационной стерилизации на гигроскопичность нетканых спанмелт-материалов медицинского назначения // Аллея науки. - 2019. - Т. 1, № 6 (33). - С. 242-245.
3. С.О. Сивяков, Т.Ю. Кумеева, И.В. Холодков, Н.П. Пророкова Оценка возможности дополнительного повышения гидрофобных свойств полиэфирной ткани, обработанной теломерами тетрафторэтилена, с помощью текстурирования покрытия наноразмерным диоксидом кремния // Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX). -2021. № 1. - С. 150-154.

СОДЕРЖАНИЕ

1.	ИССЛЕДОВАНИЕ КРАТКОСРОЧНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ВОДНОЙ СРЕДЫ НА ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ	4
	М.С. Лисаневич, О.В. Ильина, В.В. Иванов	
2.	СПЕЦИФИКА ДОСТИЖЕНИЯ ВОЛОКНИСТЫМИ МАТЕРИАЛАМИ ВЫСОКОЙ СПОСОБНОСТИ К ВОДООТТАЛКИВАНИЮ: КАК СДЕЛАТЬ ТКАНЬ СУПЕРГИДРОФОБНОЙ?	8
	Н.П. Пророкова	
3.	ВОЗДУХО- И ВОДОПРОНИЦАЕМОСТЬ НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ	14
	М.Ю. Трещалин, Ю.М. Трещалин	
4.	КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ МОДИФИЦИРОВАННЫХ НЕТКАНЫХ ПОЛОТЕН ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ И ПЛАВСРЕДСТВ	21
	Ю.М. Трещалин, М.Ю. Трещалин	
5.	МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОПРОВОДИМОСТИ ВОЛОКНИСТЫХ СРЕД	30
	А.В. Трещалина	
6.	АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ, СОСТАВА И СВОЙСТВ ЭКО-КОЖ С ЯБЛОЧНЫМ НАПОЛНИТЕЛЕМ	35
	Н.В. Акинина, Н.В. Евсюкова, А.В. Пидюкова	
7.	СИНТЕЗ МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ В ПРОИЗВОДСТВЕ ПОЛИАМИДА-6	40
	Е.А. Алексеев	
8.	СОЗДАНИЕ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ТЕРМОРЕГУЛИРУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТЬЮ НА ОСНОВЕ МИКРОКАПСУЛИРОВАННОГО КОКОСОВОГО МАСЛА	44
	А.Ф. Алёхина, Е.А. Ерзунов, О.И. Одинцова	
9.	ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФЕРРОМАГНИТНЫХ ЖИДКОСТЕЙ В СОСТАВЕ ЗАЩИТНОЙ ОДЕЖДЫ СПАСАТЕЛЬНЫХ ФОРМИРОВАНИЙ	49
	Р.Р. Аллямов, А.И. Самсонова, И.А. Суворов	
10.	АНАЛИЗ СТРАТЕГИИ КОММЕРЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ	52
	Ш. Бабагелдиев, Е.Н. Власова	
11.	ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРЫ ПЕРЕПЛЕТЕНИЯ НА ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТКАНИ ИЗ ПОЛИАМИДНЫХ НИТЕЙ	55
	П.В. Борисов, Д.А. Мирошниченко, Т.Ю. Карева	
12.	ЭФФЕКТИВНОСТЬ ШВЕЙНЫХ МАШИН КОНТУРНОГО ШИТЬЯ	59
	Н.Д. Бочкина, А.М. Жукова, О.В. Радченко, Е.П. Покровская	
	/	

13.	ПРИДАНИЕ ЦЕЛЛЮЛОЗОСОДЕРЖАЩИМ МАТЕРИАЛАМ НОВЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СВОЙСТВ ПРИ ОБРАБОТКЕ В ДИСПЕРСИИ АЛЮМОСИЛИКАТОВ	62
	Ф.А. Быков, А.О. Владимирцев, Д.Е. Рожкова, Е.Л. Владимирцева	
14.	РАЗРАБОТКА КАПСУЛ НА ОСНОВЕ ПРИРОДНЫХ ПОЛИМЕРОВ ДЛЯ ОТДЕЛКИ ТКАНЕЙ	65
	Е.С. Власкина, К.А. Ерзунов, А.А. Липина, О.И. Одинцова	
15.	АКТУАЛИЗАЦИЯ ТРАДИЦИЙ РУССКОЙ НАБОЙКИ В ТЕКСТИЛЬНОМ АРТ-ОБЪЕКТЕ	70
	О.С. Володина, Т.Л. Щербакова	
16.	ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДООТТАЛКИВАЮЩЕГО ПОКРЫТИЯ С ЭФФЕКТОМ ИК-РЕМИССИИ	74
	Р.А. Гришин, А.Р. Зимнуров, О.В. Козлова	
17.	НОВЫЙ АССОРТИМЕНТ ШВЕЙНЫХ ИЗДЕЛИЙ ДЛЯ ПОСТТРАВМАТИЧЕСКОЙ И ПСИХОЛОГИЧЕСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ ПАЦИЕНТОВ С ТРАВМАМИ КОНЕЧНОСТЕЙ	78
	И.Д. Гусев, Е.Г. Андреева, М.А. Гусева	
18.	АНАЛИЗ СВЕТОВОЗВРАЩАЮЩИХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ	82
	М.М. Данилова, О.В. Радченко, О.В. Козлова	
19.	СТРУКТУРА ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ ДИОКСИДА ТИТАНА, СФОРМИРОВАННОГО НА ТКАНИ МЕТОДОМ МАГНЕТРОННОГО НАПЫЛЕНИЯ	85
	С.П. Дробот, Б.Л. Горберг, Т.Ю. Кумеева, Н.П. Пророкова	
20.	ОЦЕНКА КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ СПОРТИВНЫХ ТРИКОТАЖНЫХ ИЗДЕЛИЙ	88
	А.Ю. Земскова, Е.Н. Власова	
21.	КОЛОРИРОВАНИЕ ПАРААРАМИДНОЙ ТКАНИ С ЭФФЕКТОМ ИК-РЕМИССИИ	92
	А.Р. Зимнуров, Р.А. Гришин, О.В. Козлова	
22.	ИССЛЕДОВАНИЕ НЕТКАНЫХ УТЕПЛИТЕЛЕЙ С ВЛОЖЕНИЕМ ПЕНЬКОВЫХ ВОЛОКОН	96
	А.С. Иванова, С.В. Макаров, М.А. Сташева	
23.	РАЗРАБОТКА ВИРТУАЛЬНОЙ КОЛЛЕКЦИИ ДЛЯ ВЫСТАВКИ «ДИЗАЙН-КОД»	100
	Я.Е. Игнатъичев, О.В. Сурикова	
24.	ТРАДИЦИОННАЯ РУССКАЯ НАБОЙКА В ДИЗАЙНЕ СОВРЕМЕННОГО КОСТЮМА	103
	А. Н. Карапапас, Т.Л. Щербакова	

25.	КЛАССИФИКАЦИЯ КОЖГАЛАНТЕРЕЙНЫХ МОТОАКСЕССУАРОВ Е.А. Коваль, Ю.С. Конарева, В.В. Костылева	107
26.	ВЛИЯНИЕ ВОЛОКОН РАЗЛИЧНОГО ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И ПОЛИМЕРНОГО СВЯЗУЮЩЕГО НА ЖЕСТКОСТЬ НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ О.В. Кожевникова, Е.С. Бокова, И.Д. Асметков, А.В. Дедов	111
27.	ПОЛУЧЕНИЕ КОМПЛЕКСОВ β-ЦИКЛОДЕКСТРИН-СЕРЕБРО В РАСТВОРЕ И НА ВОЛОКНЕ З.А. Константинова, А.А. Соловьева, А.А. Токарева, Е.Л. Владимирцева	115
28.	ОЦЕНКА ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТИТАНСОДЕРЖАЩИХ ЗОЛЕЙ В СОСТАВЕ САМООЧИЩАЮЩЕГОСЯ ПОКРЫТИЯ Е.Д. Коробова, Н.В. Дашенко	119
29.	МЕТОДИКА ПОДГОТОВКИ ОБУЧАЮЩЕЙ ВЫБОРКИ ДЕФЕКТОВ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ СИСТЕМЫ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА Е.А. Корягина, Д.А. Мирошниченко, И.С. Барабанщикова	126
30.	АНАЛИЗ НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ НА ПОЛОТЕНЦА МАХРОВЫЕ А.В. Котыгин, М. А. Сташева	131
31.	АНАЛИЗ ВПИТЫВАЕМОСТИ НЕТКАНОГО МАТЕРИАЛА ХОЛЛОФАЙБЕР® ПО СРАВНЕНИЮ С ТРАДИЦИОННЫМИ МАТЕРИАЛАМИ ДЛЯ МЕДИЦИНСКИХ ИЗДЕЛИЙ Д.А. Лутова, А.Н. Захарова, М.С.Лисаневич	135
32.	ПОВЫШЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ПОДШИПНИКОВЫХ УЗЛОВ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕМ СМАЗОЧНОЙ СРЕДЫ А.С. Мардасов, Т.А. Комарова, А.А. Гвоздев	138
33.	ВЛИЯНИЕ НА АНТИМИКРОБНЫЕ СВОЙСТВА ПОЛИПРОПИЛЕНОВЫХ НИТЕЙ С ПОЛИТЕТРАФТОРЭТИЛЕНОВЫМ ПОКРЫТИЕМ ПУТЕМ ВВЕДЕНИЯ В ЕГО СТРУКТУРУ СТАБИЛИЗИРОВАННЫХ МЕТАЛЛСОДЕРЖАЩИХ НАНОЧАСТИЦ А.В. Майорова, В.И. Халдин, С.Ю. Вавилова, Н.П. Пророкова	143
34.	МНОГОСЛОЙНЫЙ КОМПОЗИЦИОННЫЙ ТЕКСТИЛЬНЫЙ МАТЕРИАЛ ОДЕЖНОГО И ГАЛАНТЕРЕЙНОГО НАЗНАЧЕНИЯ Ю.И. Марущак, Н.Н. Ясинская	148
35.	ВЛИЯНИЕ МНОГОЦИКЛОВЫХ ИСПЫТАНИЙ НА ИСТИРАНИЕ НА АНТИСТАТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТКАНЕЙ ДЛЯ СПЕЦОДЕЖДЫ В.Г. Марченко, Д.Б. Рыклин	154

36.	ВЛИЯНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ МИКРОСФЕР НА ВЯЗКОСТЬ ПЛАСТИЗОЛЕЙ ПОЛИВИНИЛХЛОРИДА И РАСТВОРОВ ПОЛИЭФИРУРЕТАНА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ИСКУССТВЕННЫХ И СИНТЕТИЧЕСКИХ КОЖ	159
	Д.А. Медведева, А.Н. Полетаева, Г.М. Коваленко	
37.	ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОЦЕССА РАБОТЫ СОВРЕМЕННОГО КОНСТРУКТОРСКОГО БЮРО С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММ ТРЕХМЕРНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОДЕЖДЫ	164
	Е.В. Некрасова, Н.А. Сахарова	
38.	ИССЛЕДОВАНИЕ ТРЕБОВАНИЙ И ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ НАТЯЖЕНИЯ НИТИ	167
	С.А. Родионов, Р.Р. Аллямов, И.А. Суворов	
39.	ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ СВЕТОЗАЩИТНОГО ТЕКСТИЛЯ	171
	А.Н. Русакова, Р.Н. Зыков, О.В. Козлова	
40.	РАЗВИТИЕ ИНДУСТРИИ МОДЫ ЧЕРЕЗ ПРОФЕССИОНАЛЬНУЮ ВЕБ-ПЛАТФОРМУ: ФОКУС НА ИВАНОВСКОЙ ОБЛАСТИ	175
	А.И. Самсонова, А.В. Бельцева, Р.Р. Аллямов, И.А. Суворов	
41.	РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ ШВЕЙНОЙ МАШИНЫ CS-790 КЛАССА ФИРМЫ «ПАННОНИЯ» (ВЕНГРИЯ)	178
	Е.П. Силантьев, А.А. Тувин	
42.	СОЮЗ ТЕКСТИЛЯ И СЕРЕБРА НА БЛАГО ЧЕЛОВЕКА	183
	И.К. Смирнов, Н.С. Дымникова, Е.В. Ерохина	
43.	СОЗДАНИЕ МНОГОСЛОЙНЫХ ОБОЛОЧЕК ВОКРУГ БИОАКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ДЛЯ ПОСЛЕДУЮЩЕГО ЗАКРЕПЛЕНИЯ ИХ НА ТЕКСТИЛЬНОМ МАТЕРИАЛЕ	186
	А.А. Соловьёва, З.А. Константинова, П.Ф. Галлямова, Е.Л. Владимирцева	
44.	ВЛИЯНИЕ ПОДВИЖНОСТИ ВОЗДУХА НА ПРОЦЕСС ВЛАГОРЕГУЛИРОВАНИЯ МНОГОСЛОЙНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ СТРУКТУР	190
	А.И. Сосновская, Н.В. Скобова, Н.Н. Ясинская	
45.	ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ УПРОЧНЕННЫХ КРОМКОРЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ	195
	А.Б. Фаттохов, Т.А. Комарова, А.А. Гвоздев, Л.И. Минеев	
46.	ЧИСЛЕННАЯ МОДЕЛЬ ПРОБИТИЯ 3D ОРТОГОНАЛЬНОЙ ТКНИ ПУЛЕЙ СТРЕЛКОВОГО ОРУЖИЯ	200
	А. Хабибуллоев, А.П. Гречухин, А.В. Куликов, И.В. Старинец, П.Н. Рудовский	
47.	СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА РАЗРЫХЛЕНИЯ ТЕКСТИЛЬНЫХ ОТХОДОВ	204
	И.Г. Хосровян, А.А. Жукова, Г.А. Хосровян	

48.	СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА РЕГЕНЕРАЦИИ ВОЛОКОН С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗРАБОТАННОГО ОБОРУДОВАНИЯ	208
	И.Г. Хосровян, С.А. Родионов, Р.Р. Алешин, Г.А. Хосровян	
49.	ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ ОХЛАЖДАЮЩЕГО ТЕКСТИЛЯ	213
	Г.Н. Хуснутдинова, А.А. Азанова	
50.	МЕТОД ГЕНЕРИРОВАНИЯ ОБОЛОЧЕК ЦИФРОВЫХ ФИГУР КОРПУЛЕНТНОГО ТЕЛОСЛОЖЕНИЯ	217
	А.С. Шаршова, М.А. Гусева, А.И. Рогачева	
51.	ХАРАКТЕРИСТИКИ И СВОЙСТВА ТКАНИ ИЗ КОНОПЛИ	222
	С.Е. Шипова, Е.С. Куклина, Т.Н. Новосад	
52.	ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ТЕКСТИЛЬНЫХ КОМПОЗИЦИЙ	224
	А.Н. Шкарпицкий, А.И. Самсонова, И.А. Суворов	
53.	ВОЗМОЖНОСТИ ФИЗИЧЕСКОЙ МОДИФИКАЦИИ ХИМИЧЕСКИХ НИТЕЙ	228
	Е.С. Куклина, С.Е. Шипова, А.Ю. Матрохин	

Научное издание

**ФИЗИКА ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ:
СТРУКТУРА, СВОЙСТВА, НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ
И МАТЕРИАЛЫ**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ
XXVI Международного научно-практического форума
«SMARTEX – 2023»**

Ответственный за выпуск
Компьютерная верстка
Дизайн обложки

А.П. Новикова
Н.А. Онихченко
А.П. Новиковой

Статьи публикуются в авторской редакции

Формат 1/8 60x84.

Усл. печ. л. 27,08. Уч. - изд. л. 12,9

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет»
153000, г. Иваново, Шереметевский пр., 21
Адрес в Интернете: www.ivgpi.ru