

**Министерство образования и науки Российской Федерации
Министерство промышленности и торговли Российской Федерации
Правительство Ивановской области**

**Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«ИВАНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
«ИНСТИТУТ ХИМИИ РАСТВОРОВ им. Г.А. Крестова
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»**

XIX Международный научно-практический форум

**«ФИЗИКА ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ:
СТРУКТУРА, СВОЙСТВА, НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ И МАТЕРИАЛЫ»
(SMARTEX-2016)**

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ

Часть 2

23 – 27 мая 2016 года

Иваново 2016

УДК 677.1/.5:5

Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX-2016) [Текст]: сб. материалов XIX Междунар. науч.-практ. форума, 23–27 мая 2016 года. – Иваново: ИВГПУ, 2016. – Ч. 2. – 164 с.

Рецензенты:

д-р техн. наук, проф. А.К. Изгородин (Ивановский государственный политехнический университет), д-р техн. наук, проф. А.П. Морьганов (Институт химии растворов им. Г.А. Крестова РАН), д-р техн. наук, вед. науч. сотр. С.В. Алеева (Институт химии растворов им. Г.А. Крестова РАН), д-р техн. наук, проф. Н.А. Кулида (Ивановский государственный политехнический университет), д-р техн. наук, проф. Г.И. Толубеева (Ивановский государственный политехнический университет), акад. РААСН, д-р техн. наук, проф. С.В. Федосов (Ивановский государственный политехнический университет)

БИОНИКА И СОВРЕМЕННЫЙ «УМНЫЙ» ТЕКСТИЛЬ И ОДЕЖДА

BIONICS AND MODERN "SMART" TEXTILES AND CLOTHING

Г.Е. Кричевский

G.E. Krichevskiy

Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского
Moscow State University of Technologies and Management named after K.G. Razumovskiy
E-mail: gek20003@gmail.com

Дано определение бионики. Показаны различия между природными и придуманными человеком технологиями, преимущества и недостатки каждой. Приведены примеры использования принципов бионики для производства «умного» текстиля.

Ключевые слова: бионика, биоматериалы, полисахариды, белки, умный текстиль

Definition of Bionics are given. Differences, advantages and disadvantages between natural and manmade technologies are shown. Examples of usage bionics for production smart textiles are given.

Key words: bionics, biomaterial, polysaccharides, proteins, smart textile

Бионика (биомиметика) как самостоятельная наука оформилась не более 50 лет тому назад и заняла существенное место в современном шестом технологическом укладе, совместно с NBICS (нано-, био-, инфо-, когно-, социо-) технологиями образуя научно-практическое ядро развития цивилизации в 21 веке.

Однако как практика бионика существовала в той или иной степени развития всегда, начиная еще с доисторического времени (ранний неолит ~10 тыс. лет тому назад), что вытекает из современного определения бионики, которое звучит как: «изучение механизмов функционирования природы, строения природных биоматериалов и использование полученных знаний в решении технологических, технических и других практических задач (очень широко), возникающих постоянно перед человеком».

Когда человек на заре цивилизации одомашнивал скот, окультуривал злаковые, извлекал из растений природные волокна, шерсть животных превращал в пряжу, добывал природные красители из растений и животных, выращивал культурный виноград и производил из него вино биотехнологически, выпекал хлеб, производил молочно-кислые продукты, то это все была практическая, эмпирическая бионика. Это продолжается и в настоящее время.

Для атомной и ядерной энергетики прототипом являются процессы на солнце, фотовольтаика (солнечные батареи) использует принципы фотосинтеза хлорофиллом растений. Синтетические волокна и синтетические красители могли появиться только при детальном изучении строения и свойств природных волокон и красителей. Этот ряд примеров можно продолжать и продолжать [1], и если сформулировать наиболее просто, то бионика, в широком смысле - это сочетание биологии и инженерии.

У природы в эволюционном развитии имелось значительное преимущество во времени (возникновение жизни на нашей планете произошло ~3,5 млрд лет тому назад) перед разумным человеком (1,5 млн лет). Природа никуда не торопилась, чего не скажешь о человеке (о нас с Вами), особенно в последнее время. Экспоненциальное развитие технических возможностей человека началось с первой научно-технической революции (середина 19го века), начавшейся в Западноевропейских странах (Германия, Англия, Франция) и частично, «боком» захватившей Россию [2]. Научно-практическим ядром этой революции была химия, химическая технология и прежде всего углехимия (нефте- и газохимии появятся только ~ во второй половине 20 века).

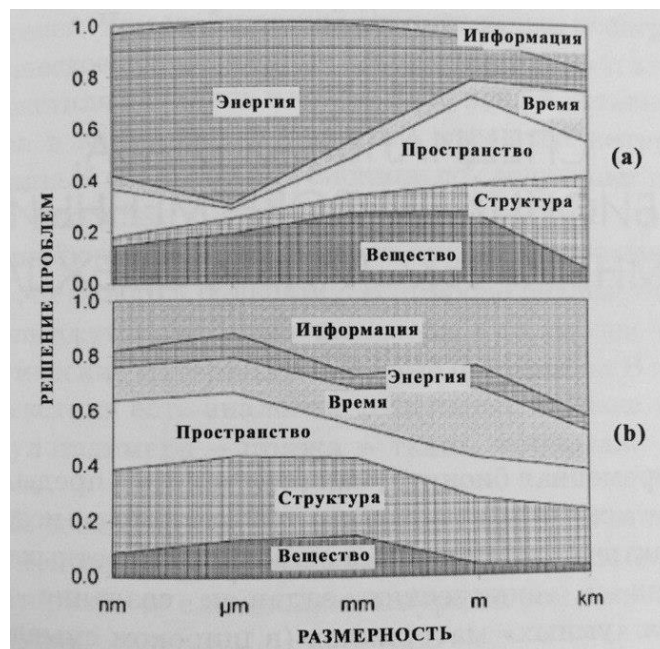


Рис. 1. Сравнение рукотворных (а) и природных (б) технологий по основным параметрам

Между природными (эволюционными) и рукотворными (антропогенными) технологиями существуют существенные различия; о них можно судить по рис. 1 (а и б) и по таблице 1.

Таблица 1

Сравнение биологических и инженерных материалов

Биологические материалы	Инженерные материалы
Легкие распространенные химические элементы	Более тяжелые, более редкие химические элементы
Na, P, Cl, K, Ca	H, C, N, O, Si Fe, Ni, Al, Zn, Gr
Рост адаптивный	Производство из порошка металла, растворов и т.д.
Влияние внешних условий, самосборка	Заданная извне форма
Многоуровневая структура	Чаще всего монолитные или малоструктурированные
Взаимодействие поверхностей позволяет отдельно контролировать прочность и хрупкость	Слабое взаимодействие поверхностей приводит к слабому контролю хрупкости
Ответственность перед окружающей средой; природы перед самой собой	Слабая ответственность перед окружающей средой
Адаптация к внешним условиям через морфологию	«Внутренний» рост, самопочинка
	Старение

Как можно видеть, биологические материалы имеют ряд преимуществ перед рукотворными: легкие, адаптивные, образуются самосборкой, экологически безопасные, самозалечивающиеся. Но биологические материалы, в том числе биополимеры уступают рукотворным по устойчивости к воздействиям, обычно не возникающим в природе: сверхвысокие и сверхнизкие температуры, высокие давления, агрессивные химические среды, различные виды радиации. Практический вывод из этих различий - создания гибридных материалов, примером чего являются современные композиты на основе

синтетических смол и природных волокон, как наполнителей или смешанные текстильные материалы из природных и синтетических волокон.

Природные технологии отличаются от рукотворных большей экономичностью и «скромностью» набора материалов для создания живых организмов:

- Природа использует всего два вида биополимеров: многообразные полисахариды (построены из почти однотипных моносахаров) и многообразные белки (построены из всего 20ти аминокислот).

- Человек к настоящему времени «насинтезировал» более 300 000 синтетических полимеров, и все они биологически не разлагаются. В результате проблема утилизации изделий из синтетических полимеров носит планетарный и пока нерешимый характер.

- Природа для функционирования живых организмов использует очень экономно только один возобновляемый источник – Солнце (фотосинтез)

- Человек для своих нужд использует сегодня в основном невозобновляемые источники: уголь, нефть, газ, безжалостно сжигая их

- Природа для воспроизводства живых организмов использует информационные технологии (аппарат наследственности: ДНК, РНК, ферменты и др.)

- Природа формирует в растущих живых организмах «умные» биоматериалы адаптивного типа, способные реагировать на изменения условий внешней среды и приспосабливаться к ним

- Человек только начинает создавать «умные», рукотворные материалы и продукцию на их основе («умный» дом, «умный» текстиль и одежда, «умная» электронная техника, роботы и т.д.)

Бионика, используя достоинства природной и рукотворной технологии, создает новые технологии и продукты.

Современное производство умного текстиля и одежды невозможно без использования NBIC-технологий и бионики.

Особенно динамично развивается это направление для создания боевой одежды для силовых структур, для космонавтов, для спорта высоких достижений.

Наиболее яркие примеры использования бионики и NBIC-технологий в производстве умного текстиля и одежды [1, 2, 3, 4]:

- Самоочищающаяся гидрофобная отделка текстиля «лотос» за счет создания нанощероховатой поверхности, как у растений

- Производство суперпрочного «паучьего» шелка путем использования принципов генной инженерии

- Маскировочная ткань и одежда «хамелеон» с использованием термо-, фото-, электрохромных красителей

- Костюм для пловцов из трикотажа, структура которого имитирует чешую акулы

- Липучка (застежка), имитирующая волоски на репейнике.

Список примеров можно существенно расширить и он постоянно пополняется, поскольку наука и техника сегодня повернулась к опыту природы, следовательно, и потенциальным возможностям бионики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кричевский Г.Е. Бионика. Учимся мудрости у природы. – М.: ООО «Сам Полиграфист», 2015. – 128 с.
2. Кричевский, Г.Е. Нано-, био-, химические технологии в производстве нового поколения волокон, текстиля и одежды / Г.Е. Кричевский. – М.: – 2011. – 528 с.
3. Кричевский Г.Е. Все или почти все о текстиле. В 3 томах. – М.: 2013.
4. Портал НОР (Нанотехнологическое общество России). Г.Е. Кричевский. 2000-2016 гг. URL: <http://www.rusnor.org/>

РАЗРАБОТКА НОВЫХ СТРУКТУР ТКАНЕЙ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ИХ ИЗГОТОВЛЕНИЯ

THE DEVELOPMENT OF NEW TISSUE STRUCTURES SPECIAL PURPOSE AND FORECASTING TECHNIQUES FOR THEIR MANUFACTURE

С.Д. Николаев
S.D. Nikolaev

Московский государственный университет дизайна и технологии
Moscow state University of design and technology
E-mail: nsd0701@mail.ru

В статье описан метод прогнозирования технологического процесса ткачества с учетом свойств используемых нитей, технологии изготовления тканей, позволяющий на стадии проектирования ткани определить условия работоспособности нитей основы и утка, определить оптимальные технологические параметры и скоростной режим станка.

Ключевые слова: ткань, проектирование, свойства, натяжение, основа, уток, структура, свойства, напряженность

The article describes the method of forecasting of technological process of weaving based on the properties of used yarns, the manufacturing technology of fabrics that allows for the design stage of the tissue to determine the health conditions of warp and weft, to determine optimal process parameters and the speed limit of the machine.

Keywords: fabric, design, properties, tension, basis, ducks, structure, properties, tension.

К числу важнейших задач, определяющих экономическую и социальную значимость продукции текстильной промышленности, относятся задачи разработки высокоэффективных, ресурсо- и энергосберегающих технологий с использованием отечественного сырья, отечественного технологического оборудования, повышения качественных показателей текстильных материалов различного назначения. Используемые в науке и промышленности методы не позволяют часто получить на ткацком станке спроектированные ткани, что удорожает процесс создания новой продукции и не позволяет прогнозировать напряженность заправок оборудования, их производительность и качество выпускаемой продукции.

На кафедре ткачества МГТУ им.А.Н.Косыгина несколько лет назад разработан метод прогнозирования технологического процесса ткачества. В настоящее время он используется при разработке новых структур тканей [1-18].

В последние годы были спроектированы новые ткани из углеродных [8-9], арамидных [6-7], стеклянных, кварцевых нитей [14-15], арамидной пряжи [1-5] технического назначения, ткани для защиты от электромагнитного излучения [10-13]. Для спроектированных тканей предложена технология их изготовления на отечественном ткацком оборудовании. В результате проведения работы разработаны система автоматизированного проектирования технологии изготовления тканей заданного строения, алгоритм и программа расчета на ЭВМ технологических параметров и параметров строения тканей, новые высокоэффективные технологии изготовления тканей и конкурентоспособный ассортимент тканей

Метод прогнозирования технологического процесса позволяет спроектировать ткани с учетом свойств используемых нитей и технологических параметров изготовления ткани. Он включает следующие этапы:

- проектирование тканей по одному из известных методов, нами использованы как ранее разработанные на кафедре ткачества методы, так и разработанные нами, такие, как методы проектирования тканей по заданной водопроницаемости (для фильтровальных

тканей), по прочности закрепления ворса в ткани (мебельно-декоративные ткани), по раздвигаемости нитей (для ажурных тканей), по гигиеническим свойствам (для бытового ассортимента тканей); в основе этих методов - развитие теории геометрического строения ткани проф. Н.Г.Новикова и механики нити.

- разработка новых методов определения нетрадиционных свойств используемых нитей, таких как вязкоупругие параметры нитей при растяжении, так и при сжатии; параметры долговечности нити; стойкость нитей к истиранию и их выносливость на многократное растяжение;

- разработка методов расчета параметров напряженно-деформированного состояния нитей основы и утка при формировании элемента ткани в процессе приобоя уточины к опушке ткани; в основе этого метода – линейная и нелинейная теория изгиба вязкоупругих стержней, решена задача построения геометрических моделей строения тканей;

- расчет заправочных параметров ткацкого станка на основе решения уравнений напряженно-деформированного состояния нитей основы и утка по глубине заправки и за один оборот главного вала, в основе этого метода – нелинейная теория наследственной вязкоупругости.

- оценка напряженности заправки ткацкого станка. В основе этого используются современные теории механики нити, теория накопления повреждений, проводится оценка возможности изготовления ткани на ткацком станке, выбор оборудования и его скоростного режима;

- рассчитывается обрывность нитей основы и утка и производительность оборудования, в основе этого этапа – теория надежности.

Использование данного метода позволяет еще на стадии проектирования ткани выяснить напряженность заправки, оценить возможность выработки ткани на том или ином ткацком станке, подобрать необходимый скоростной режим с целью получения максимально-возможной производительности ткацкого станка при обеспечении необходимого качества выпускаемых тканей.

Внедрение в промышленность ЭВМ нового поколения ставит реальным возможность использования данной системы не только при проведении научных исследований, но и непосредственно в производстве. Это значительно уменьшает время на освоение нового ассортимента тканей, позволит избежать многочисленных ошибок, связанных с освоением новых тканей.

Для решения поставленных задач решен ряд научных проблем, стоящих перед учеными – технологами:

- разработан ряд новых методов проектирования тканей по заданным свойствам, таким как прочность закрепления нити, по раздвигаемости, водопроницаемость, гигиенические свойства и др.;

- с учетом вязкоупругой природы нитей получены математические модели напряженно-деформированного состояния нитей основы и утка на ткацком станке в любой момент времени;

- с учетом физической и геометрической нелинейности нитей получена функциональная взаимосвязь между технологическими параметрами изготовления ткани, ее параметрами строения и свойствами используемых нитей;

- разработан метод оценки напряженности заправки ткацких станков с учетом накопления повреждений нитей;

- выявлены свойства, по которым можно прогнозировать обрывность основных и уточных нитей на ткацком станке, и предложен метод ее расчета.

В работе разработаны принципиально новые методы и средства исследования технологического процесса ткачества:

- методы определения вязкоупругих параметров нитей при растяжении на разрывных машинах с постоянной скоростью деформирования и сжатии;

- метод определения деформации нитей основы по глубине заправки ткацкого станка;

- метод исследования напряженно-деформированного состояния заправки ткацкого станка при помощи тепловидения, что позволило установить взаимосвязь между параметрами напряженно-деформированного состояния нитей основы и утка на ткацком станке и их температурой;

- метод установления причинно-следственных связей между технологическими параметрами, параметрами строения и свойствами ткани, а также свойствами и обрывностью нитей, позволивший идентифицировать исследуемые факторы и устранить эффекты сопутствия;

- метод определения параметров долговечности нитей по данным испытаний на разрывной машине с постоянной скоростью нагружения.

Данные исследования позволили:

1. Разработать алгоритм автоматизированного проектирования технологического процесса ткачества.

2. Предложить рациональные методы проектирования тканей по заданным параметрам и свойствам.

3. Предложить методы определения механических свойств нитей основы и утка, включая и вязкоупругие свойства, которые необходимо знать, чтобы спроектировать технологический процесс изготовления тканей.

4. На основе нелинейной теории изгиба по спроектированным параметрам строения тканей определить технологические параметры формирования ткани у опушки ткани.

5. На основе анализа напряженно-деформированного состояния нитей основы и утка на ткацком станке с использованием теории наследственной теории вязкоупругости определить заправочные натяжения основных и уточных нитей.

6. Предложить метод оценки напряженности заправки ткацкого станка путем расчета повреждаемости нитей на основе использования критериев длительной прочности Бейли и Москвитина.

7. Предложить метод расчета максимально-возможной частоты вращения главного вала ткацкого станка, при которой будет обеспечена работоспособность нитей основы и утка.

8. Предложить метод расчета обрывности основных и уточных нитей на основе использования теории надежности.

9. Составить программное обеспечение для проектирования новых технологических процессов для изготовления конкурентоспособного ассортимента тканей на современном технологическом оборудовании.

10. Спроектировать высокоэффективные технологические процессы изготовления тканей на современном технологическом оборудовании, показатели которых удовлетворяют современным требованиям.

11. Провести практическую апробация спроектированных технологических процессов изготовления тканей заданного строения и получить хорошую сходимость значений обрывности и повреждаемости основных нитей.

Разработанный метод проектирования технологических процессов изготовления тканей является универсальным и может быть использован для проектирования процессов изготовления тканей любого волокнистого состава и строения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. С.Д.Николаев, С.С.Юхин, А.И.Слугин, А.К.Синицын. Определение вязкоупругих параметров пряжи из вторичных арамидных волокон // Изв.вузов. Технология текстильной промышленности, №3с, 2007, с.138-141

2. С.Д.Николаев, С.С.Юхин, А.И.Слугин, М.Н.Иванова. Исследование свойств и строения тканей из вторичных арамидных материалов //Изв.вузов. Технология текстильной промышленности, 2007, №6с., с.75-78
3. А.И.Слугин. Оценка напряженности заправки тканей из арамидной пряжи на ткацком станке // Изв.вузов. Технология текстильной промышленности, №2с, 2008., с.70-72
4. Алексей И. Слугин, Андрей И. Слугин Исследование влияния вида переплетения ткани на натяжение нитей основы в процессе изготовления арамидных тканей из пряжи, полученной из вторичных материалов// Изв.вузов. Технология текстильной промышленности, 2010, №3, с.31-32
5. А.И.Слугин, О.В.Парфенов, Н.А. Николаева, Б.М.Фомин. Исследование баллистических свойств тканей // Изв.вузов. Технология текстильной промышленности., 2011, №4, с.74-78
6. А.И.Слугин, С.Д.Николаев, Б.М.Фомин, А.С.Николаев. Исследование баллистических свойств тканевых бронепакетов // Изв.вузов. Технология текстильной промышленности., 2011, №6,с.57-59
7. А.И.Слугин И.В.Слугин, Б.М.Фомин, С.Д.Николаев. Исследование и анализ баллистических свойств тканей // Текстильная промышленность, 2011, №6-7, с.34-36.
8. Николаев С.Д., Панин М.И., Кашеева М.М., Николаева Н.А. Исследование влияния натяжения нити при перематывании на удельную плотность бобин сомкнутой намотки // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности, 2009, №4, с.55-58.
9. Кашеева М.М., Экспериментальные исследования условий изготовления, свойств и строения углеродных тканей специального назначения // Швейная промышленность, 2009, №5, с.26-29.
10. Е.В. Сильченко, С.Д. Николаев. Новая ткань для защиты человека от воздействия электромагнитных полей // Изв.вузов. Технология текстильной промышленности. 2015, №6,с.59-64
11. Е.В. Сильченко, С.Д. Николаев. Металлизированные ткани для защитных костюмов // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2016, №1, с.79-84
12. С.Д.Николаев, Е.В.Сильченко. Защита человека от электромагнитного излучения при помощи тканей. Вестник технологического университета, 2015, Т.18 , №15, с.161-165
13. Николаев С.Д., Сильченко К.В. Токсикологические испытания ткани для пошива специальной и профессиональной одежды // Дизайн и технологии , 2015, №47 (89). С.55-58
14. И.Ю.Павлихина, Р.И.Сумарукова, С.Д.Николаев. Разработка многослойных тканей разреженных структур // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности, 2010, №6, с.19-21
15. Сергеев В.Т. Перспективные многослойные ткани // Изв вузов. Технология текстильной промышленности, 2010, №6, с.22-24

УДК 677.074.1

ВОЛОКНИСТЫЕ МАТЕРИАЛЫ ШЕСТОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УКЛАДА – НАНОТЕХНОЛОГИИ И НАНОМАТЕРИАЛЫ

FIBROUS MATERIALS SIXTH TECHNOLOGICAL ORDER - NANOTECHNOLOGIES AND NANOMATERIALS

А.К. Изгородин
А.К. Izgorodin

Ивановский государственный политехнический университет
Ivanovo State Polytechnic University
E-mail: izgorodin@ivgpu.com, k_fnt@ivgpu.com

В настоящее время на Земле происходит переход к шестому технологическому укладу, реализации, технологии изготовления наноматериалов и нанокомпозитов с использованием новых функциональных возможностей. Люди всегда использовали наноструктурированные волокна, изготавливали наноструктурированную дамасскую сталь, витражи из стекла, содержащего наночастицы серебра и золота. Детально рассмотрены углеродные наноструктуры: фуллерены, нанотрубки, графен и причины, обуславливающие особые свойства этих материалов: повышенное количество электронов, специфические квантово-механические состояния и т.д. Приведены данные по компонентному составу и физико-механическим свойствам нанокомпозитов. Представлены данные о функциональных и

многофункциональных нанокompозитах на волокнистой основе: их особенности и преимущества, компонентный состав, функциональное назначение, методики формирования и определения характеристик функциональных свойств нанокompозитов; методика активирования волокнистой основы в низкотемпературной плазме при атмосферном давлении.

Ключевые слова: нанокompозит, нанотехнология, нанотрубка, фуллерен, графен, жидкий кристалл, функциональный нанокompозит, волокнистая основа, магнитная ткань, спектроскопия, электромагнитные волны, защитная одежда, теплостойкость, магнитотерапия, системы организма человека, наномедицина, рентгеноструктурный анализ

Currently in the world there is a transition to a six technological structure, implementation, manufacturing technology of nanomaterials and nanocomposites with new features. People have always used nanostructured fibers produced nanostructured Damascus steel, stained glass, containing silver and gold nanoparticles. A detailed analysis of carbon nanostructures: fullerenes, nanotubes, graphene. Reasons for the special properties of these materials: increased number of electrons, specific quantum-mechanical state, etc. The data on the component composition and physico-mechanical properties of the nanocomposites. The data on the functional and multifunctional nanocomposites fiber based: their features and benefits, the component structure, functionality, methodology for formation and characterization of functional properties of nanocomposites; method of activating fibrous substrate in a low-temperature plasma at atmospheric pressure.

Key words: nanocomposite, nanotechnology, nanotubes, fullerenes, graphene, liquid crystal, functional fiber-based nanocomposite, magnetic tissue, spectroscopy, electromagnetic waves, protective clothing, heat, magnetic, systems of the human, nanomedicine, x-ray analysis.

Введение.

Многие тысячелетия до нашего времени люди использовали наноструктурированные материалы. Например, волокна крапивы, льна, хлопка, шерсти и шелка. Перечисленные волокна на надмолекулярном уровне представляют собой совокупность наноструктурных образований в виде кристаллитов, пор, аморфных зон. Церковные витражи, изменяющие свой цвет, были получены посредством добавления в стекло наночастиц различных металлов и их соединений. Дамасские сверхпрочные клинки получены путем создания в них анизотропных образований посредством термомеханической обработки. В атмосфере наночастицы формируются из вулканической пыли, при конденсации. Активность процессов формирования наночастиц в атмосфере возрастают в периоды высокой солнечной активности [1].

1. Углеродные нанотрубки.

Углеродные наноструктурные образования отличаются большим разнообразием: углеродные нанотрубки однослойные и многослойные; фуллерены C_{60} и C_{70} ; графен. В атомах перечисленных углеродных образований количество электронов превышает количество ковалентных связей, т.е. имеются "лишние" электроны. Если перечисленные углеродные наноструктуры использовать для создания нанокompозитов, то полученные композиты могут обладать специфическими свойствами – ферромагнетизмом, повышенной химической активностью, возникновением квантового эффекта Холла, сверхтекучестью, повышенной в $10\div 100$ раз электропроводностью, соединение графен-водород можно использовать для накопления водорода. Прочность углеродных волокон на несколько порядков выше в сравнении с другими волокнами в связи с тем, что сила взаимодействия между двумя атомами углерода самая высокая из всех известных атомов. В работе [2] рассматривается космический лифт, представляющий платформу, расположенную на геостационарной орбите Земли, и закрепленную с Землей сверхпрочным тросом, изготовленного из углеводородных волокон. Космические корабли, запущенные с этой платформы, будут тратить незначительную часть топлива для преодоления силы притяжения Земли.

2. Магнитные нанокompозиты на волокнистой основе.

Актуальность создания магнитной ткани и костюма из этой ткани обусловлена тем, что магнитное поле нормализует работу всех систем организма человека, повышая его

адаптационно-регенерационный резерв в экстремальных условиях и обеспечивая реализацию магнитотерапии в случае заболевания [3]. В работе [3] показано существенное влияние магнитного поля на физико-химические реакции в ходе обменных процессов в живых организмах: на свертывающую систему крови (стр.3), на электромагнитные и биологические воздействия (стр. 8), на процессы перекисного окисления липидов (стр. 13), на повышение лечебного эффекта в случае злокачественной опухоли (стр.26), на лечение трофических язв нижних конечностей (стр.111), лечение больных хроническим гепатитом (стр.140), в т.ч. детей (стр.156), действие на направленные трансмембранные потоки ионов (стр.169), лечение нервной системы (стр. 176), магнитотерапия неврита тройничного нерва (стр.179), лечение ишемических поражений головного мозга (стр.188), лечение острых воспалительных заболеваний гортани (стр. 202), магнитотерапия в отоларингологии (стр.212).

3. Механизмы воздействия магнитного поля, создаваемого магнитной тканью и защитным магнитным костюмом.

Для обоснованного использования костюма необходимо рассмотрение фундаментальных механизмов действия магнитного поля на организм человека на уровне электронов, атомов, диполей, молекул, мембран и клеток, а также экспериментальные данные по действию магнитного поля на различные системы организма человека. В соответствии с данными литературных источников, [4-6], установлены следующие механизмы воздействия магнитного поля на различные системы организма человека.

Под влиянием магнитных полей у макромолекул (ферменты, нуклеиновые кислоты, протеины и т.д.) происходит возникновение зарядов и изменение их магнитной восприимчивости. В связи с этим магнитная энергия макромолекул может превышать энергию теплового движения и, по этой причине, магнитные поля даже в терапевтических дозах вызывают ориентационные и концентрационные изменения биологически активных макромолекул, что отражается на кинетике биохимических процессов.

В механизме первичного действия магнитных полей большое значение имеет ориентационная перестройка жидких кристаллов, составляющих основу клеточной мембраны и многих внутриклеточных структур. Происходящие ориентация и деформация жидкокристаллических структур (мембраны, митохондрии и др.). Под влиянием магнитного поля изменяется проницаемость структур, играющих важную роль в регуляции биохимических процессов и выполнении ими биологических функций.

Воздействие магнитного поля на элементарные токи в атомах и молекулах вне- и внутриклеточной воды обуславливает изменение ее квазикристаллической структуры. Изменяются свойства воды: поверхностное натяжение, вязкость, электропроводность, диэлектрическая проницаемость, вследствие пространственной ориентации элементарных токов в атомах и в молекулах воды. Эти изменения способствуют выполнению специфических функций молекулами белков, нуклеиновыми кислотами, полисахаридами и другими макромолекулами, образующих с водой единую систему.

Одним из важных регуляторных механизмов в живых системах является активность ионов. Она определяется, прежде всего, их гидратацией и связью с макромолекулами. При действии магнитных полей различающиеся по своим магнитным и электрическим свойствам компоненты системы: ион-вода, белок-ион-вода начнут совершать колебательные движения, параметры которых могут не совпадать. Последствием этого процесса будет освобождение части ионов из связи с макромолекулами и уменьшение их гидратации, и, следовательно, возрастание ионной активности. Увеличение под влиянием магнитного поля ионной активности в тканях, является предпосылкой к стимуляции клеточного метаболизма.

При воздействии на сосуды магнитное поле ориентирует не только биологически активные макромолекулы, но и надмолекулярные, а также клеточные структуры. Ярким примером такой ориентации является выстраивание цепочек эритроцитов под действием магнитного поля. Среди макроскопических эффектов под действием магнитных полей следует отметить их пондеромоторное действие на нервные стволы и мышечные волокна,

проявлением чего является изменение их электрофизической активности и функциональных свойств.

Особенно специфично действие переменного и импульсного магнитных полей. В этом случае, кроме диамагнитного и парамагнитного взаимодействия происходит взаимодействие с переменным электрическим полем, которое возникает при любом изменении магнитного поля. Поскольку в тканях имеются свободные заряды, ионы или электроны, то индуцированное электрическое поле вызовет их движение.

Исходя из вышеперечисленных механизмов действия, можно констатировать влияние постоянного магнитного поля на ткани человека через диа- и парамагнитные эффекты, а переменного и импульсного, кроме того, посредством генерируемых "электрических токов". При реализации действия на живые системы оказываются задействованными субмолекулярные, молекулярные и надмолекулярные структуры, что влечет за собой изменения на клеточном, системном и организменном уровнях.

Действие магнитного поля на организм характеризуется:

- различиями в индивидуальной чувствительности и неустойчивостью реакций организма и его систем на воздействие магнитного поля;
- корригирующим влиянием магнитного поля на организм и его функциональные системы;
- обеспечением на фоне повышенной функции органа или системы – ее снижение, а в условиях угнетения функции ее повышением;
- изменением направления фазности реакций организма под действием магнитного поля на противоположное;
- степенью выраженности терапевтического действия, на которую влияют физические характеристики магнитного поля. Эффект и изменения в органах более выражены при воздействии переменного и импульсного магнитных полей по сравнению с постоянным;
- появление пороговых или резонансных реакций, особенно при использовании импульсных магнитных полей;
- временным характером действия магнитного поля: после однократных воздействий реакции организма сохраняются в течение 1-6 суток, а после курсовых процедур в течение 30-45 дней;

- различием реакции органов и систем человека на действие магнитного поля. Избирательность ответной реакции организма зависит от электрических и магнитных свойств тканей, различия микроциркуляции в них, интенсивности метаболизма и состояния нейрогуморальной циркуляции. По убыванию степени чувствительности различных систем организма человека к магнитному полю их можно расположить в порядке: нервная, эндокринная, органы чувств, сердечнососудистая, кровь, мышечная, пищеварительная, выделительная, дыхательная и костная.

Действие магнитного поля на нервную систему характеризуется изменением поведения организма, его условно-рефлекторной деятельности, физиологических и биологических процессов. Это возникает за счет стимуляции процессов торможения, что объясняет возникновение седативного эффекта и благоприятное действие магнитного поля на сон, и эмоциональное напряжение. Наиболее выраженная реакция со стороны ЦНС наблюдается в гипоталамусе, далее следует кора мозга, гиппокамп, ретикулярная формация среднего мозга. Это в какой-то степени объясняет сложный механизм реакции на воздействие магнитного поля и зависимость от исходного функционального состояния, в первую очередь нервной системы, а затем уже других органов.

Со стороны гипоталамуса, под действием магнитного поля, отмечается активизация и синхронизация работы секреторных клеток, усиление синтеза и выведение нейросекрета из его ядер. Одновременно происходит усиление функциональной активности всех долей гипофиза, т.е. активизация обменных процессов. Однако при длительных и мощных (более 70 мТл) воздействиях может возникнуть угнетение нейросекреторной функции и развитие продуктивно-дистрофических процессов в клетках ЦНС. Под влиянием магнитного поля с

индукцией малой интенсивности снижается тонус церебральных сосудов, улучшается кровоснабжение мозга, происходит активация азотистого и углеводно-фосфорного обмена, что повышает устойчивость мозга к гипоксии. Воздействие магнитного поля на воротниковую область сопровождается улучшением гемодинамики и снижением как систолического, так и диастолического давления до нормального уровня.

Возбуждение гипоталамо-гипофизарной системы вызывает цепную реакцию активации периферических эндокринных желез - мишеней под влиянием релизинг-факторов, синтез которых стимулируется в гипоталамо-гипофизарной системе, а затем и многочисленных разветвленных метаболических реакций. В эндокринной системе при воздействии переменного магнитного поля индукцией до 30 мТл и частотой до 50 Гц с небольшой экспозицией, происходит развитие реакции тренировки и повышенной активности всех отделов эндокринной системы. Со стороны щитовидной железы отмечается стимуляция ее функции под действием магнитного поля в отличие от угнетающего эффекта многих других раздражителей, что дает предпосылки к использованию магнитных полей в комплексной терапии при ее гипофункции.

Отмечается снижение давления в системе глубоких и подкожных вен, артериях. Одновременно повышается тонус стенок сосудов, происходят изменения упруго-эластических свойств и биоэлектрического сопротивления стенок кровеносных сосудов. Изменения гемодинамики, а именно гипотензивный эффект, связан с развитием брадикардирующего эффекта, а также за счет снижения сократительной функции миокарда. Этот эффект используется для снижения нагрузки на сердце.

Магнитное поле оказывает воздействие на развитие изменений в микроциркуляторном русле различных тканей. В начале воздействия магнитного поля происходит кратковременное (5-15 минут) замедление капиллярного кровотока, которое затем сменяется интенсификацией микроциркуляции. Во время и по окончании курса магнитотерапии происходит ускорение капиллярного кровотока, улучшение сократительной способности сосудистой стенки, и увеличение их кровенаполнения. Увеличивается просвет функционирующих компонентов микроциркуляторного русла, возникают условия, способствующие раскрытию предрасположенных капилляров, анастомозов и шунтов.

При влиянии магнитных полей возникает гипоагуляционный эффект за счет активации противосвертывающей системы, уменьшения внутрисосудистого пристеночного тромбообразования и снижения вязкости крови посредством влияния магнитных полей малой интенсивности на ферментативные процессы, электрические и магнитные свойства элементов крови, принимающих участие в гемокоагуляции.

Воздействие магнитного поля оказывает значительное влияние на обмен веществ в организме. В сыворотке крови увеличивается количество общего белка и глобулинов, повышается их концентрация в тканях за счет α - и γ -глобулиновых фракций. При этом происходит изменение структуры белков. При кратковременных ежедневных общих воздействиях на организм магнитных полей снижается содержание пировиноградной и молочной кислот не только в крови, но также в печени и мышцах. При этом наблюдается увеличение содержания гликогена в печени.

Под действием магнитного поля в тканях происходит снижение содержания ионов Na при одновременном повышении концентрации ионов K, что является свидетельством изменения проницаемости клеточных мембран. Отмечается снижение содержания Fe в мозге, сердце, крови, печени, мышцах, селезенке и повышение его в костной ткани. Это перераспределение Fe связано с изменением состояния органов кроветворения. При этом повышается Cu в мышцах сердца, селезенке, семенниках, что активизирует адаптационно-компенсаторные процессы организма. Содержание Co понижается во всех органах и происходит его перераспределение между кровью, отдельными органами и тканями. Под влиянием магнитного поля возрастает биологическая активность Mg. Это приводит к уменьшению развития патологических процессов в печени, сердце, мышцах.

Магнитные поля небольшой индукции стимулируют процессы тканевого дыхания, изменяя соотношение свободного и фосфорилирующего окисления в дыхательной цепи. Усиливается обмен нуклеиновых кислот и синтез белков, что влияет на пластические процессы. Воздействие на пролиферацию и регенерацию определяется увеличением перекисного окисления липидов.

Характерным проявлением действия магнитного поля на организм считается активация процессов метаболизма углеводов и липидов. О последнем свидетельствует увеличение незэтерифицированных жирных кислот и фосфолипидов в крови и внутренних органах, уменьшение холестерина крови.

Таким образом, магнитное поле обуславливает многообразные действия на организм, что способствует развитию индивидуальных обратимых благоприятных явлений.

Исходя из установленных принципиальных возможностей воздействия магнитного поля на организм человека магнитный костюм может быть использован участниками ликвидации чрезвычайных ситуаций, в том числе пожарными:

- в ходе ликвидации чрезвычайных ситуаций, например, при тушении пожара;
- после ликвидации чрезвычайных ситуаций для восстановления текущего функционального состояния организма;
- во время дежурства и в нерабочее время для реализации магнитотерапии;
- в процессе лечения работников МЧС использовать магнитный костюм как одну из составляющих при комплексном лечении заболевших.

Костюм может быть также использован: спортсменами в период подготовки к ответственным выступлениям и, особенно, после выступлений для восстановления функциональных возможностей организма; работниками МЧС, находящимися на пенсии, для предотвращения появления сердечно-сосудистых патологий, негативных нервно-рефлекторных явлений, поддержания оптимального баланса отделов вегетативной нервной системы.

Заключение.

Нанокompозиты на волокнистой основе могут быть функциональными и многофункциональными. Повышенная функциональность и защитные свойства характерны для нанокompозитов, в которых функциональными компонентами являются углеродные нанотрубки и наночастицы высококоэрцитивных материалов углеродными нанотрубками повышенной прочности, защитные свойства от акустических и электромагнитных волн, а также вибраций и экстремальных механических воздействий. Высококоэрцитивные однодоменные частицы, создавая магнитное поле обеспечивают защиту человека от различных воздействий посредством увеличения активности ионов, атомов, электронов, нервных стволов, крови, кору мозга и т.д.

Магнитные ткани и костюмы могут быть использованы как защитные, терапевтические, повышающие адаптационно-регенерационные функции организма в экстремальных условиях и т.д. Функциональным и многофункциональным нанокompозитам на волокнистой основе характерны гибкость, низкая трудоемкость для изготовления изделий, возможность защищать изделия сложной геометрии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Толочко Н.К. История нанотехнологий. Нанонаука и нанотехнологии. Издательство ЮНЕСКО, Москва, 2011, с.4-12
2. Филип Болл. Материалы будущего. История нанотехнологий. Нанонаука и нанотехнологии. Издательство ЮНЕСКО, Москва, 2011, с.409-435.
3. Тезисы докладов Всероссийской научно-практической конференции по актуальным вопросам теории и практики физической медицины, Иваново, ИГМИ, 1993г.

4. Зельдович Л.Б., Бучаченко А.Л., Франкевич Е.Л. Магнитно-спиновые эффекты в химии и молекулярной физики // Успехи физических наук, т.155, вып.1, стр.3-39.
5. Холодов Ю.А. Способы использования магнитных полей в медицине и пути воздействия этих полей на организм// Магнитология. – 1991. - №1. - с.6-11.
6. Улащик В.С. Теоретические и практические аспекты общей магнитотерапии//Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физкультуры. 2001, №5, с.3-8

УДК 677.051

МОДИФИКАЦИЯ ЛЬНЯНЫХ ВОЛОКОН: ОТ ИССЛЕДОВАНИЙ К РЕАЛИЗАЦИИ

MODIFICATION OF FLAX FIBRES: FROM RESEARCH TO REALIZATION

А.П. Морыганов

A.P. Moryganov

Институт химии растворов им. Г.А. Крестова РАН (Иваново)

G.A. Krestov Institute of solution chemistry of the Russian Academy of Sciences (Ivanovo)

E-mail: apm@isc-ras.ru

Обоснована необходимость комплексной переработки льносырья для обеспечения эффективной работы льняного комплекса России. Показаны возможности химической модификации короткого (низкономерного) льноволокна для получения инновационной текстильной продукции бытового, технического и медицинского назначения. Отмечены положительные результаты опытно-промышленных испытаний и промышленного освоения инновационных технологий глубокой переработки низкономерного льноволокна.

Ключевые слова: льноволокно, модификация, инновационная продукция на основе льна.

The need for complex processing of raw flax to ensure efficient operation of the linen complex of Russia was demonstrated. The possibilities of chemical modification of short (low-number) flax for innovative textile products for home, technical, and medical supplies were shown. Positive results of pilot tests and industrial development of innovative technologies advanced processing of low-number flax were marked.

Keywords: flax, modification, innovation production based on flax.

Одним из основных направлений модернизации текстильной отрасли России является расширение сырьевой базы – за счет льна и химических волокон – и применение инновационных технологий для производства конкурентоспособной текстильной продукции. Следует подчеркнуть, что лен – это единственный отечественный ежегодно возобновляемый источник природного волокнистого сырья. В экономике страны льняной комплекс являлся в прошлом и может стать в будущем одним из основных структурообразующих элементов. Так, на протяжении многих столетий Россия являлась крупнейшим производителем льна-долгунца. В начале XX века из 1,5 млн.га мировых посевных площадей льна и 700 тыс.г производимого льноволокна около 90% принадлежало России. Торговля льном приносила более 10% национального дохода. В последние-же годы, в начале XXI века, выработка льноволокна в России сократилась в сравнении с 1910 г. (когда было получено 570 тыс.т) примерно в 15 раз [1]. Не углубляясь в анализ всех причин (и объективных, и субъективных) этого печального факта, выделим главную - по ныне существующим технологиям из всего объема выращиваемой льнотресты (рис. 1) полезно используется (в виде волокна) лишь 25-30%; при этом максимум 1/3 полученного льноволокна идет на выработку достаточно дорогих чистольняных и полульняных тканей (дороговизна обусловлена многостадийной и энергоемкой технологией облагораживания льна). Что же касается ныне выпускаемых изделий из короткого льна, то они имеют сравнительно небольшую добавочную стоимость и при повышении цены волокна также могут не выдержать конкуренции.

Активно предпринимаемые в России в 1995-2005 г.г. попытки получить из короткого льноволокна котонин (хлопкоподобное волокно, пригодное для совместного прядения по сухому способу с хлопком, вискозой, шерстью) не увенчались успехом: из 10 закупленных за рубежом и изготовленных в России линий котонизации в настоящее время работают (время от времени) лишь единицы. Солома масличных сортов льна после отделения семян, как правило, не перерабатывается.

Таким образом, наиболее реальный путь создания необходимой базы для существенного увеличения производства российского льна и «реанимации» имеющихся мощностей по его переработке - это освоение выпуска новых, не производимых ранее конкурентоспособных товаров из короткого льноволокна и отходов льнопроизводства (костра, очёсы).

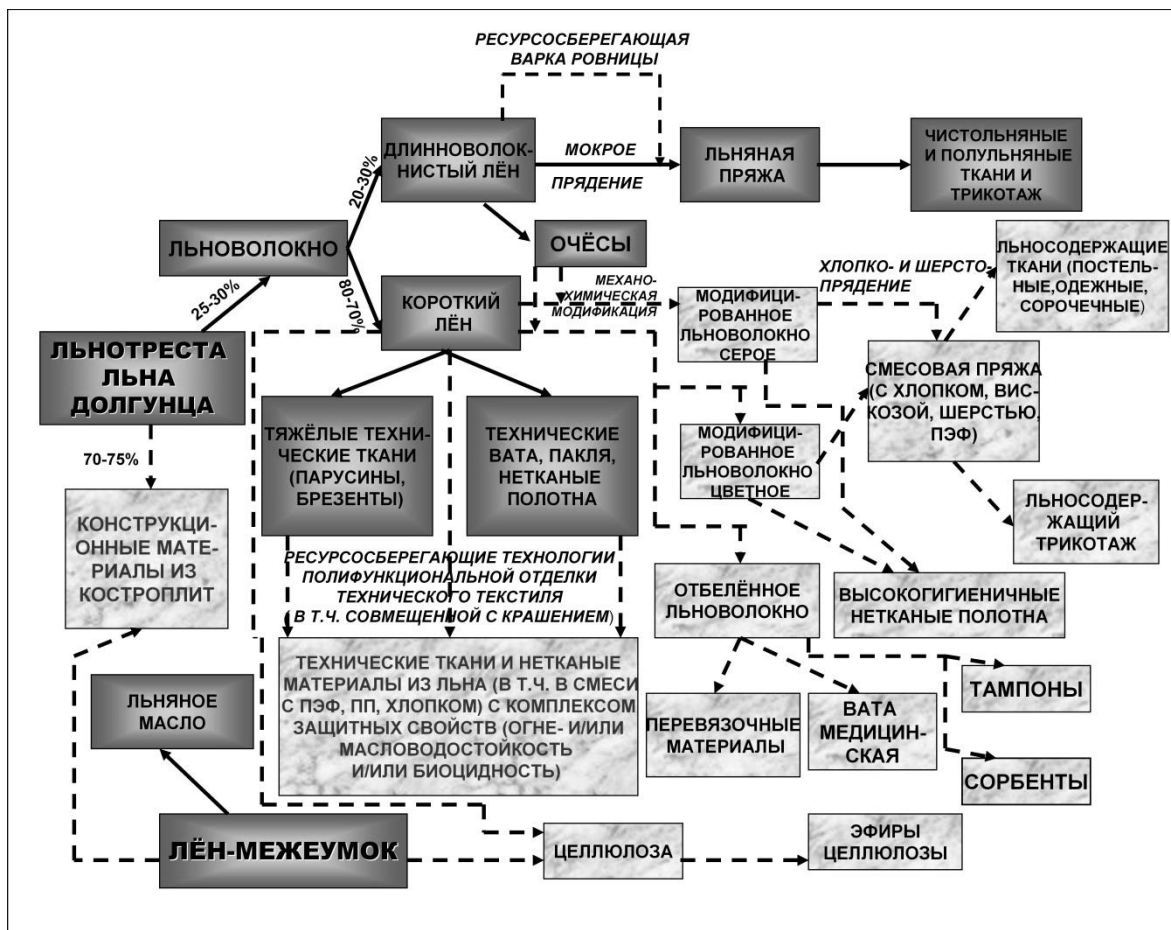


Рис.1. Принципиальная схема комплексной переработки льносырья (светлыми прямоугольниками показаны новые продукты из льна, полученные по разработанным нами технологиям, обозначенными пунктирными линиями)

В 1990 – 2000-ые годы в ИХР РАН были проведены систематические исследования глубины химических и структурных превращений целлюлозы льна и сопутствующих примесей под действием различных окислительно-восстановительных систем, влияния предварительных и последующих механических воздействий на компонентный состав, геометрические размеры и физико-механические показатели низкономерных льноволокон. На этой основе были созданы научные основы процесса модификации льняных волокон для получения материалов с заданными функциональными свойствами.

С использованием полученных результатов за период 2000-2013 г.г. в рамках Федеральных целевых программ и госконтрактов с Минэкономразвития РФ, Главным военно-медицинским управлением Минобороны РФ, Минпромторгом РФ разработаны способы целенаправленной механической и химической модификации льноволокна,

инновационные технологические схемы и регламенты производства льносодержащих текстильных материалов различного назначения (см. рис.1) и, совместно с фирмой «Рослан» (г. Иваново), проведены необходимые опытно-конструкторские работы и широкая промышленная апробация следующих процессов:

- механической очистки короткого льноволокна и обработки его огне-, био- и огнебиозащитными составами для изготовления объемного строительного утеплителя (поверхностной плотностью от 2 кг/м² и более) и огне- или огнебиозащищенных полотен для автомобилестроения [2, 3];

- получения высокосорбционного отбеленного льноволокна для изготовления медицинской ваты, нетканых полотен малой поверхностной плотности (30-90 г/м²), антимикробных перевязочных средств «Биолен» (250-300 г/м²) [4, 5];

- получения волокна Рослан®-текс природного серого цвета или окрашенного и смесовых пряж на его основе (с хлопковым, полиэфирным, вискозным или шерстяным волокном; при этом потери волокна в условиях «сухого» прядения с шерстью – до 2 %, с хлопком – до 15 %) для производства тканей бельевого, сорочечного, платьельно-костюмного ассортимента, трикотажных изделий и технического текстиля [6-10].

На основе льносодержащих нетканых полотен с высокими огнебиозащитными свойствами фирмами «Апотекс» (г. Иваново) и «Наукоемкие технологии» (г. Балашиха Московской обл.) разработаны следующие изделия с высокими противопожарными показателями для пассажирских вагонов нового поколения [3]:

- многослойный теплошумоизоляционный материал НО-Л-1А;
- элементы мягкой мебели (матрасы, сиденья).

Новые нетканые материалы обеспечивают высокий коэффициент звукопоглощения (на уровне 0,5-0,9) в широком диапазоне частот, соответствуют требованиям, предъявляемым к трудногорючим материалам, и удовлетворяют существующим нормативам по экологическим показателям выделяемых при горении газообразных продуктов (объем газа, скорость выделения и токсичность)

Показана перспективность получения целлюлозы из короткого льноволокна [11, 12].

Проведен полный цикл испытаний и сертификации новой продукции (включая ТУ, санитарно-эпидемиологические заключения, регистрационные удостоверения на изделия медицинского назначения, сертификаты пожарной безопасности), ее патентная защита (получено 17 патентов РФ на изобретения и полезные модели и 2 товарных знака).

В настоящее время на основании лицензионных договоров с ИХР РАН и ООО «Рослан» рядом организаций проводится освоение производства новой, не выпускаемой ранее конкурентоспособной продукции из модифицированного льноволокна. Так, промышленный выпуск ваты хирургической льняной ВХЛС-«ИХР», отличающейся высоким уровнем белизны, капиллярности, поглотительной способности и получаемой без использования экологически опасных хлорсодержащих реагентов, начат в 2011 г. на специально построенном заводе «ЛенОм» (г. Калачинск, Омской обл.). Фирмой «АПК «Вологодчина» завершается строительство более мощного завода по выпуску такой ваты в пос. Шексна Вологодской обл.

В 2013 г. комплексная работа «Разработка и промышленное освоение эффективных технологий производства инновационной продукции текстильного, медицинского и технического назначения из отечественного низкономерного лубоволокнистого сырья» была удостоена Премии Правительства РФ в области науки и техники.

В докладе проиллюстрированы технологические схемы получения льноволокна с заданными свойствами, а также ассортимент и качественные показатели инновационной (не выпускаемой ранее) продукции на их основе. В качестве примера эффективности разработанных процессов на рис.2 показано, что предлагаемая технология производства и облагораживания смесовых льнохлопковых тканей на основе химически модифицированного льноволокна значительно короче и экономичнее, чем существующий

способ выпуска таких тканей в условиях льнопредприятий. Следует подчеркнуть, что новая технология может быть реализована на действующих хлопчатобумажных комбинатах.



Рис.2. Технологические схемы производства льносодержащих тканей

Характеризуя в целом созданный комплекс технологических процессов глубокой переработки льна, следует отметить его универсальность, поскольку с использованием линии механической очистки волокна и существующего оборудования для химической модификации (аппараты для крашения под давлением, центрифуги, сушильные линии) можно производить широкий спектр востребованной, высокодоходной продукции различного назначения, изменяя лишь параметры обработки. При этом модификация низкономерного льноволокна позволила повысить объем используемого ценного льносырья, выделяемого из тресты, в 2,5-2,8 раза, что обеспечивает повышение экономичности процесса переработки льна, способствует подъему в развитии льноводства и, в конечном итоге, развитию отечественной сырьевой базы для изготовления стратегически важной продукции при снижении потребности в импортируемом сырье.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Живетин В.В., Рыжков А.И., Гинзбург Л.Н. Моволен. М: ЦНИИЛКА, 2000.
2. Биозащищенные льнонанокомпози́ты – основа для изготовления высокотехнологичной «эко»-продукции./Галашина В.Н., Морыганов П.А., Дымникова Н.С.//Рос.хим.ж.- 2011.- т.55-№3-С.107-117.
3. Новые способы получения льносодержащих нетканых материалов со специальными свойствами /Морыганов П.А., Данилов А.Р., Коломейцева Э.А., Сачков О.В. // Текстильная промышленность.- 2011-№ 2.- С.40-45.
4. Морыганов А.П., Галашина В.Н., Дымникова Н.С. Разработка высокотехнологичных биологически активных изделий технического и медицинского назначения на основе льна и льнонанокомпози́тов // Дизайн. Материалы. Технология, 2009. № 4 (11) . с.84-90.
5. Галашина В.Н., Дымникова Н.С., Данилов А.Р., Морыганов А.П. Модифицированное льноволокно для медицинских изделий // Текстильная промышленность. - 2011. - № 2. -С. 52-56.
6. Модифицированное льноволокно «Рослан»: технологические и экономические аспекты. / Стокозенко В.Г., Морыганов А.П., Данилов А.Р. // Текстильная промышленность. Научный альманах.- 2008- № 4.-С.4-6.

7. Генерирование редокс-систем волокнистыми материалами при восстановлении кубовых и сернистых красителей: исследование и практическая реализация./ Стокозенко В.Г., Морыганов А.П., Неманова Ю.В. // Рос.хим.ж., -2011- т.55- №3- С. 107-117.
8. Стокозенко В.Г., Морыганов А.П. Гл.2. Воздействие окислительно-восстановительных систем на природные полисахариды в процессах химической модификации лубяных волокон / В книге «Современные проблемы модификации природных и синтетических волокнистых и других полимерных материалов: теория и практика» под ред. А.П. Морыганова и Г.Е. Заикова. Изд-во НОТ (Научные основы технологии), Санкт- Петербург, 2012. С. 71-133
9. Стокозенко В.Г., Морыганов А.П. Исследование возможности совмещения процесса химической модификации льноволокна и крашения его сернистыми красителями // Известия вузов. Технология текстильной промышленности 2012. № 1. С. 71-75
10. Стокозенко В.Г., Коломейцева Э.А., Шапошников А.Б., Морыганов А.П. Получение низкоматериалоемких тканей со специальными свойствами на основе модифицированного льноволокна. // Известия вузов. Технология легкой промышленности. 2015. № 4. С.78-82.
11. И.Н.Торгун и др. Лен в пороховой промышленности // М.: ФГУП ЦНИИХИМ, 2015., 348 с.
12. Титов В.А., Стокозенко В.Г., Титова Ю.В., Морыганов А.П.. Получение целлюлозы из льняного сырья с использованием плазмохимической обработки. // Химия высоких энергий. 2015. Т. 49. № 6. С. 500-504.

УДК 677.4:546.82

НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ МЕТОДА ПРИДАНИЯ ПОЛИЭФИРНЫМ ТЕКСТИЛЬНЫМ МАТЕРИАЛАМ ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ

SCIENTIFIC BASIS OF THE METHOD OF GIVING FOR THE POLYESTER TEXTILE MATERIALS OF PHOTOCATALYTIC ACTIVITY

Н.П. Пророкова
N.P. Prorokova

Институт химии растворов им. Г.А. Крестова РАН (Иваново)
G.A. Krestov Institute of Solution Chemistry of the Russian Academy of Sciences (Ivanovo)
E-mail npp@isc-ras.ru

Проанализированы публикации, посвященные исследованиям по приданию синтетическим текстильным материалам способности к самоочищению за счет нанесения на них наночастиц TiO_2 в форме анатаза. Рассмотрен механизм самоочищающего действия наночастиц TiO_2 . Приведены сведения о способах предварительной активации полиэфирных тканей. Представлены результаты работ по получению полиэфирных тканей с фотокаталитической активностью, проводимых в ИХР РАН.

Ключевые слова: полиэфирная ткань, самоочищение, фотокаталитическая активность, диоксид титана, анатаз

We have analyzed the publications devoted to researches of giving to synthetic textile materials ability to self-cleaning by coating them with TiO_2 nanoparticles in the anatase form. We have examined the mechanism of self-cleaning of TiO_2 nanoparticles. We have provided information about the ways of pre-activation of polyester fabrics. We have presented the results of the work on the preparation of polyester fabrics with photocatalytic activity, carried out in ISC RAS.

Keywords: polyester fabric, self-cleaning, photocatalytic activity, titanium dioxide, anatase

Придание фотокаталитической активности текстильным материалам будет способствовать их самоочищению, т.е. обеспечит деструкцию под действием солнечного

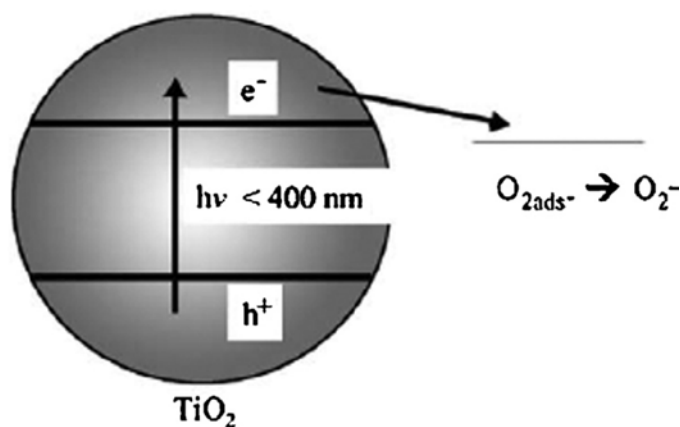
света попадающих на текстильные материалы загрязнений (например, пятен от сока, кофе, вина, масла и пр.). Наличие таких свойств позволит значительно уменьшить расход воды и потребление энергии, необходимых для стирки текстильных изделий. Указанного эффекта можно достичь путем нанесения на текстильные материалы наноразмерного кристаллического диоксида титана в форме анатаза, обладающего более высокой фотокаталитической активностью по сравнению с другими его кристаллическими структурами – брукитом и рутилом [1]. Для его получения используется пиролиз солей титана [2,3], гидротермальный способ [4,5], химическое [6,7,] или физическое [8,9] осаждение паров, золь-гель технология [10-14].

В отличие от металлов, которые обладают континуумом электронных состояний, TiO_2 как полупроводник имеет зонную структуру. Такая структура характеризуется наличием запрещенной зоны, которая простирается от занятой валентной зоны вверху до незанятой зоны проводимости в нижней части [15,16]. Воздействие на наночастицы TiO_2 УФ-излучения с энергией, которая соответствует или превышает энергию запрещенной зоны (E (анатаз) $\geq 3,2$ эВ) приводит к возбуждению электрона и перехода его из валентной зоны в зону проводимости, в то время как позади остается положительная дырка (рис. 1) [15-17].

Фотогенерируемые электроны и дырки мигрируют к поверхности частицы, способствуя переносу заряда к адсорбированным молекулам (органическим или неорганическим соединениям, растворам). Реакции между свободными электронами проводимости, запертыми на поверхности частицы электронами или положительными дырками валентной зоны и окружающими молекулами, в частности, H_2O и O_2 , приводят к образованию чрезвычайно активных радикалов и частиц (OH^\bullet , $\text{O}_2^{\bullet-}$, $^1\text{O}_2$ и т.д.), которые являются инициаторами фотокаталитических процессов, в частности, разложения адсорбированных молекул [15,17,18].

В ряде работ был рассмотрен механизм фотокаталитической деградации окрашенных пятен кофе, вина, сока с помощью иммобилизованных на текстильных материалах наночастиц TiO_2 (рис. 1) [19,20]. Когда пятно освещается видимым светом, возбужденный электрон от органической молекулы красителя переходит в полосу проводимости наночастицы TiO_2 . Следовательно, формируется неустойчивый катион пигмента, который разлагается с образованием CO_2 . С другой стороны, электроны из зоны проводимости наночастицы TiO_2 способствуют генерации кислорода в виде очень реакционноспособных супероксидных радикалов (уравнение. (1)), которые, наряду с другими экстремально активными радикалами (HO_2^\bullet , OH^\bullet , RO^\bullet , RO_2^\bullet) вызывают деградацию пятна. Кроме того, возбужденный радикал пигмента органического соединения (R^\bullet) может быть непосредственно разрушен фотоиндуцированными дырками ($h\nu_{\text{VB}}^+$) (Уравнения (2) и (3)).

(a) grease



(b) wine, coffee

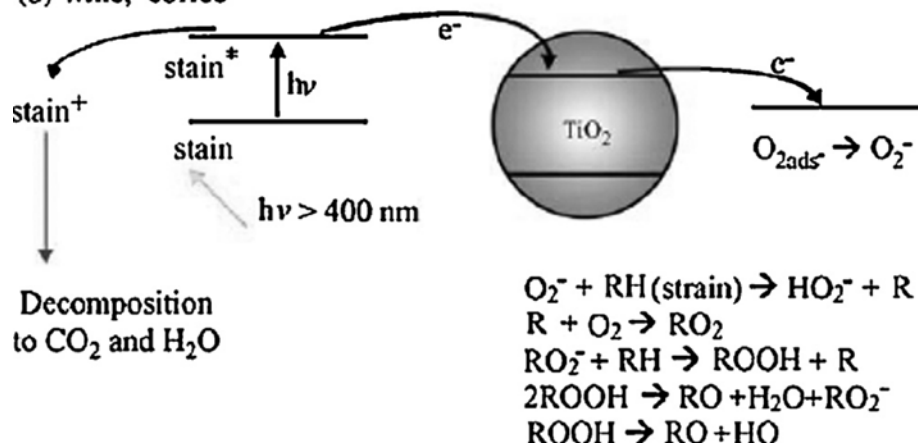
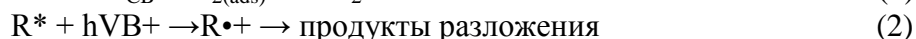


Рис. 1. Схемы, предложенные для изменения цвета при УФ-облучении модифицированного TiO_2 текстильного материала: а - жирных пятен; б - пятен вина и кофе [20]



Жирное пятно разрушается после поглощения облучения с длиной волны < 290 нм. Другой механизм разрушения загрязнений описан в работах [20,21]. В соответствии с ним наночастицы TiO_2 поглощают УФ-облучение, и пероксиды, а также радикалы с высокими окислительными свойствами HO_2^{\bullet} , OH^{\bullet} , RO^{\bullet} и RO_2^{\bullet} способны разлагать жирное пятно (рис. 1).

Нанесение на текстильные материалы наночастиц TiO_2 осуществляют, чаще всего, методом окунания с последующей сушкой. При рассмотрении процесса взаимодействия TiO_2 с волокнами большинство исследователей основываются на том, что лучшей для его фиксации является карбоксильная группа. Хорошо известно, что атомы Ti могут быть связаны с карбоксильными группами по различным схемам, которые показаны на рис. 2 [22,23].

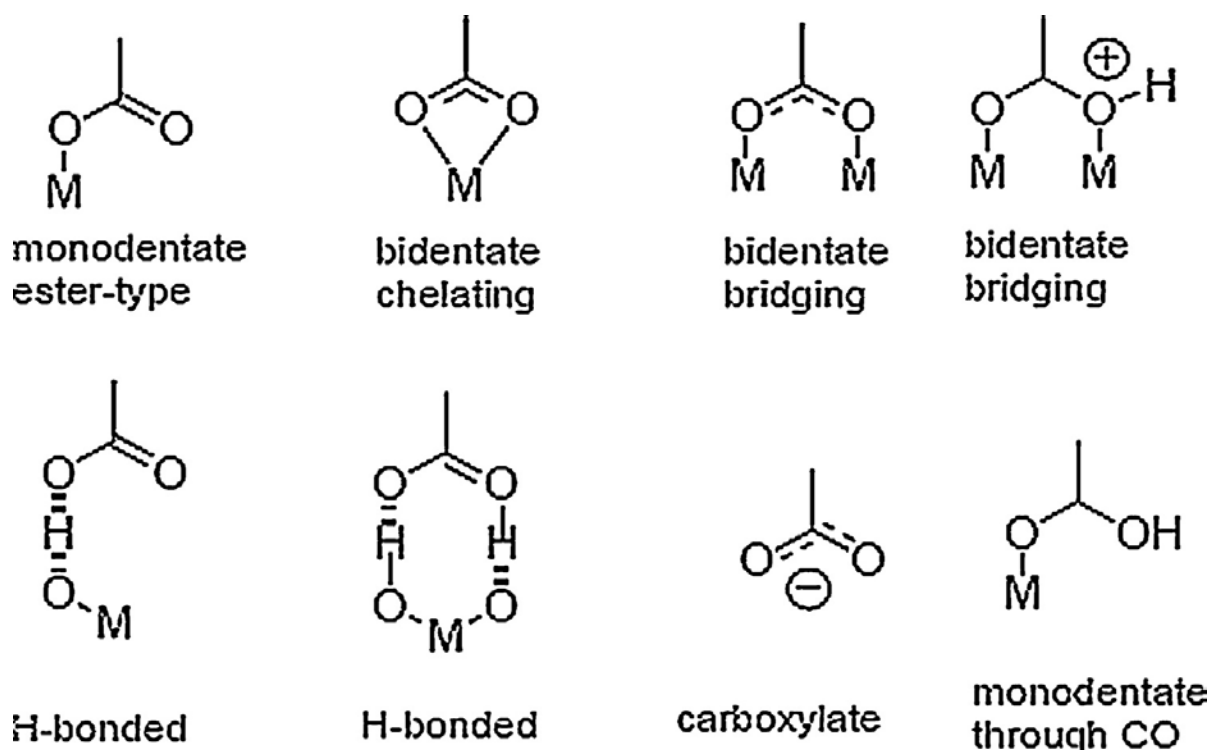


Рис. 2. Возможные схемы связывания группы COOH и TiO₂ [22,23]

Карбоксильные группы могут быть связаны по монодентатной схеме с образованием сложного эфира, или каждый из двух атомов кислорода может связываться либо с одним атомом Ti (образование бидентатного хелата), либо с двумя атомами Ti (бидентатный мостик). Кроме того, они могут взаимодействовать с поверхностью TiO₂ за счет образования водородных связей либо с поверхностно связанной гидроксильной группой и / или атомом кислорода решетки [23].

Таким образом, введение дополнительных карбоксильных групп в волокнистые материалы будет способствовать увеличению фиксации на них наночастиц TiO₂. В направлении предварительной активации волокон активно работают различные исследователи. Оно особенно актуально при модификации синтетических волокнистых материалов, которые имеют на поверхности очень малое количество карбоксильных групп. В частности, на настоящий момент известен ряд работ, посвященных модификации диоксидом титана полиэфирных и полиамидных текстильных материалов, предварительно активированных различными видами плазмы. Такая модификация ограничена тонким слоем поверхности волокна, в результате чего основная часть волокна сохраняет свойства в неизменном виде. В дополнение к химическим изменениям, плазменная обработка вызывает морфологические изменения волокна, что приводит к увеличению активной площади поверхности и шероховатости. Топографические изменения являются благоприятными для осаждения наночастиц TiO₂. В указанных целях была использована плазма низкого давления и плазма атмосферного давления [19,21,24,25]. Имеется также сообщение о повышении эффективности связывания TiO₂ за счет предварительного щелочного гидролиза полиэфирных тканей [26].

В работах по получению самоочищающихся полиэфирных тканей, проводимых в ИХР РАН, для генерирования на поверхности полиэфирной ткани дополнительного количества активных групп также использовали химический способ активации [27-30]. Кроме того, был специально разработан способ активации полиэфирной ткани плазмой поверхностно-барьерного разряда [31]. Основой активации полиэфирных волокон являлся регулируемый слабый поверхностный гидролиз полиэтилентерефталата, осуществляемый при сохранении исходного уровня прочности волокнистого материала. При активации на поверхности полиэфирных волокон образуется дополнительное количество активных

кислородсодержащих функциональных групп и увеличивается степень шероховатости поверхности. За счет этого возрастает адгезионная способность полиэфирной ткани, что создает условия для прочной фиксации на её поверхности наночастиц диоксида титана.

Общим недостатком опубликованных работ, посвященных получению модифицированных диоксидом титана тканей, является то, что использованные в них подходы приводят к отложению на поверхности ткани избыточного количества диоксида титана, слабо связанного с подложкой, которое стирается при эксплуатации ткани и смывается с неё при стирке. Для того, чтобы избежать этого, в работах ИХР РАН использовали способ формирования покрытия, позволяющий обеспечить его ультратонкую толщину. В этих целях применяли сильно разбавленные суспензии наночастиц.

Установлено, что приданные полиэфирной ткани за счет её модифицирования наночастицами диоксида титана фотокаталитические свойства характеризуются высокой устойчивостью к эксплуатационным воздействиям, что косвенно свидетельствует о хорошей адгезии нанесенного модификатора к полиэфирной подложке.

С использованием стандартных методов определения разрывных полувеличин характеристик текстильных материалов показано, что модифицирование суспензией наночастиц диоксида титана предварительно активированной полиэфирной ткани не приводит к снижению её прочности при длительном УФ облучении. Модифицированная ткань обладает высокой гидрофильностью, о чем свидетельствует практически мгновенное впитывание нанесенной на её поверхность капли воды.

Однако полиэфирная ткань, модифицированная малым количеством наноразмерного диоксида титана, биоцидной активности под действием УФ излучения не проявляет.

Исследования проводились при финансовой поддержке РФФИ (проект 15-48-03064-р-центр-а).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Hurum D.C., Agrios A.G., Crist S.E., Gray K.A., Rajh T., Thurnauer M.C. Probing reaction mechanisms in mixed phase TiO₂ by EPR // J. Electron Spectrosc. 2006. V. 150. - P. 155-163.
2. Teleki A., Platsinis S.E., Kalyanasundaram K., Gouma P.I. Sensing of organic vapors by flame-made TiO₂ nanoparticles // Sens. Actuators, B, Chem. 2006. V. 119. – P. 683-690.
3. Skandan G., Chen Y.J., Glumac N., Kear B.N. Synthesis of oxide nanoparticles in low pressure flames // Nanostr. Mater. 1999. V. 11. – P. 149 – 158.
4. Hirano M., Nakahara N., Ota K., Tanaike O., Inagaki N. Photoactivity and phase stability of ZrO₂-doped anatase-type TiO₂ directly formed as nanometer-sized particles by hydrothermal conditions // J. Solid State Chem. 2003. V. 170. – P. 39 -47.
5. Li G., Li L., Boerio-Goates J., Woodfield B.F. High purity anatase TiO₂ nanocrystals: near room-temperature synthesis, grain growth kinetics, and surface hydration chemistry // J. Amer. Chem. Soc. 2005. V. 127. – P. 8659-8666.
6. Mills A., Elliott N., Parkin I.P., O'Neill S.A., Clark R.J. Novel TiO₂ CVD films for semiconductor photocatalysis // J. Photochem. Photobiol. A. 2002. V. 151. - P. 171-179.
7. Goossens A., Maloney E.L., Schoonman J. Gas-phase synthesis of nanostructured anatase TiO₂ // Chem. Vapor Depos. 1998. V/ 4. – P. 109 – 114.
8. Mardare D., Tasca M., Delibas M., Rusu G.L. On the structural properties and optical transmittance of TiO₂ r.f. sputtered thin films // Appl. Surf. Sci. 2000. V. 156. – P. 200 – 206.
9. Meyer S., Gorges R., Kreisel G. Preparation and characterisation of titanium dioxide films for catalytic application generation by anodic spark deposition // Thin Solid Films. 2004. V. 450. – P. 276-281.
10. Konishi J., Fujita K., Nakanishi K., Hirao K. Monolithic TiO₂ with controlled multiscale porosity via a template-free sol-gel process accompanied by phase separation. // Chem. Mater. 2006. V.18. – P. 6069– 6074

11. Almquist C.B., Biswas P. Role of synthesis method and particle size of nanostructured TiO₂ on its photoactivity. // *J. Catal.* – 2002. – V. 212. – P. 145–156.
12. Liu Z., Zhang X., Nishimoto S., Murakami T., Fujishima A. Efficient Photocatalytic degradation of gaseous acetaldehyde by highly ordered TiO₂ nanotube arrays.// *Environ. Sci. Technol.* 2008. V.42. – P. 8547–8551
13. Shibata T., Sakai N., Fukuda K., Ebina Y., Sasaki T. Photocatalytic properties of titania nanostructured films fabricated from titania nanosheets.// *PCCP.* 2007. V. 9. – P. 2413–2420.
14. Šubrt J., Pulišová P., Boháček J., Bezdička P. Highly photoactive 2D titanium dioxide nanostructures prepared from lyophilized aqueous colloids of peroxopolytitanic acid.// *Mater Res Bull.* 2014. V.49. – P. 405–412.
15. Rajh T., Makarova O.V., Thurnauer M.C., Cropec P. In book: Baraton M.I. (Ed.), *Synthesis, Functionalization and Surface Treatment of Nanoparticles.* University of Limoges, FRANCE. 2003. - P. 147–171.
16. Linsebigler A.L., Lu G., Yates J.T. Photocatalysis on TiO₂ Surfaces: Principles, Mechanisms, and Selected Results // *Chem. Rev.* 1995. V. 95. - P. 735-758.
17. Fujishima A., Zhang X., Tryk D.A. TiO₂ photocatalysis and related surface phenomena // *Surf. Sci. Rep.* 2008. V. 63. - P. 515-582.
18. Muggli D.S., Ding L. Photocatalytic Performance of Sulfated TiO₂ and Degussa P-25 TiO₂ during Oxidation of Organics // *Appl. Catal., B.* 2001. V. 32. - P. 181-194.
19. Bozzi A., Yuranova T., Kiwi J. Self-cleaning of wool-polyamide and polyester textiles by TiO₂-rutile modification under daylight irradiation at ambient temperature // *J. Photochem. Photobiol., A.* 2005. V. 172. – 27-34.
20. Bozzi A., Yuranova T., Guasaquillo I., Laub D., Kiwi J. Self-cleaning of modified cotton textiles by TiO₂ at low temperatures under daylight irradiation // *J. Photochem. Photobiol., A.* 2005. V. 174. – P. 156-164.
21. Yuranova T., Laub D., Kiwi J., // Synthesis, activity and characterization of textiles showing self-cleaning activity under daylight irradiation. *Catal. Today.* 2007. V. 122. P. 109-117.
22. Galoppini E. Linkers for anchoring sensitizers to semiconductor nanoparticles // *Coord. Chem. Rev.* 2004. V. 248. P. 1283-1297.
23. Keese A. Investigation of dye functionalized TiO₂ nanoparticles using vibrational sum-frequency-generation spectroscopy // Ph.D. Thesis, Combined Faculty of Natural Sciences and Mathematics of the University of Heidelberg. Heidelberg, Germany, 2012.
24. Mejia M.I., Marin J.M., Restropo G., Pulgarin C., Mielczarski E., Mielczarski J., Stolitchnov I., Kiwi J. Innovative UVC Light (185 nm) and Radio-Frequency- Plasma Pretreatment of Nylon Surfaces at Atmospheric Pressure and Their Implications in Photocatalytic Processes // *Appl. Mater. Interface.* 2009. V. 1. P. 2190-2198.
25. Qi K., Xin J.H., Daoud W.A. Functionalizing Polyester Fibers with Self-cleaning Property using Anatase TiO₂ and Low Temperature Plasma Treatment Int. // *J. Appl. Ceram. Technol.* 2007. V. 4. P. 554-563.
26. Hashemizad S., Montazer M., Rashidi A. Influence of the surface hydrolysis on the functionality of poly(ethylene terephthalate) fabric treated with nanotitanium dioxide // *J. Appl. Polym. Sci.* 2012. V. 125. P. 1176-1184.
27. Пророкова Н.П., Вавилова С.Ю. Модифицирующее действие нитрата аммония и гидроксида натрия на полиэтилентерефталатные материалы // *Химич. волокна.* 2004. № 6. – С. 19 – 21.
28. Пророкова Н.П., Хорев А.В., Вавилова С.Ю. Химический способ поверхностной активации волокнистых материалов на основе полиэтилентерефталата. Часть 1. Исследование действия растворов гидроксида натрия и препаратов на основе четвертичных аммониевых солей // *Хим. волокна,* 2009. №3. – С. 11-16.
29. Prorokova N.P., Chorev A.V., Kuzmin S.M., Vavilova S.Yu., Prorokov V.N. Surface Activation of Fibrous PET Materials // *Advances in sustainable petroleum engineering science.* 2013. V. 5. Is. 2. - P. 105-121.

30. Prorokova N.P., Chorev A.V., Kuzmin S.M., Vavilova S.Yu., Prorokov V.N. Chemical Method of Fibrous Materials Surface Activation on the Basis of Polyethylene Terephthalate (PET) // Chemistry & Chemical Technology. 2014. Vol. 8. No. 3. - P. 293 – 302.

31. Пророкова Н.П., Кумеева Т.Ю., Кузьмин С.М., Холодков И.В. Модифицирование поверхностно-барьерным разрядом полиэфирных волокнистых материалов в целях улучшения их гидрофильности // Журнал прикладной химии. 2016. Т. 89, вып.1. – С. 119-127.

УДК 677.074.1

ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ СТРУКТУР ТЕКСТИЛЬНЫХ ПОЛОТЕН КАК ОСНОВЫ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

STRUCTURAL FEATURES AND TRENDS OF STRUCTURES TEXTILE FABRICS AS A BASIS OF COMPOSITE MATERIALS

Т.Ю. Карева

T.Y. Kareva

Ивановский государственный политехнический университет

Ivanovo State Polytechnical University

E-mail: pti@ivgpu.com

Рассмотрены некоторые вопросы особенностей строения и тенденции развития текстильных композиционных материалов на основе тканых полотен.

Ключевые слова: текстильные композиционные материалы, однослойные ткани, многослойные ткани, преформы.

Some aspects of the structural features and development trends of textile composite materials based on woven fabrics.

Keywords: textile composite materials, single-layer fabric, multilayered fabrics, preforms.

История использования человечеством композиционных материалов – это даже не история последнего столетия, а многовековой опыт, приобретенный людьми на заре цивилизации при использовании композиции из глины и соломы для строительства жилищ. Сам принцип создания композиционного материала подсмотрен человеком у природы. Так, например, деревенская ласточка для создания своего гнезда использует комочки земли, которые склеивает своей слюной, а для прочности гнезда - примешивает к земле соломинки, стебельки и т.д.

Независимо от того, на какой основе построен композиционный материал, все композиты являются результатом сочетания разнородных компонентов, как минимум, один из которых является армирующим элементом, обладающим высокой прочностью и жесткостью, второй – пластичный, связующий элемент (матрица), обеспечивающий совместную работу армирующих элементов и защиту их от механических повреждений и агрессивной химической среды. При этом композит имеет свойства, которые не присущи его составляющим по отдельности. Характеристика и свойства композиционного материала зависят от выбора исходных компонентов и технологии их совмещения.

В качестве армирующих компонентов в композитах широко используются стеклянные, углеродные и кевларовые нити, которые имеют как свои преимущества, так и недостатки. Стеклянные нити, для примера, дешевле, чем нити углерода, кевлар имеет очень большой модуль упругости и высокую прочность при малой деформации при разрыве, но имеет довольно высокую стоимость.

Связующими элементами (матрицей) могут быть полимеры, металлы или керамика, при этом полимерные матрицы являются наиболее распространенными. Два наиболее часто используемых полимерных материала - эпоксидные и полиэфирные смолы. Композиционные свойства наиболее эффективны (по величине несущей нагрузки) в направлении армирующего элемента, в то время как свойства матрицы доминируют в поперечном направлении к армирующим элементам, так как нагрузка должна быть передана матрицей между каждым элементом армирующего компонента.

История развития композиционных материалов непосредственно связана с появлением и развитием новых волокнистых материалов, а причины появления – с необходимостью разработки альтернативных (металлическим) материалов, позволяющих снизить вес конечного изделия с сохранением его прочностных и жесткостных показателей.

Рождение армированной полимерной промышленности можно отнести к 1932 году, к моменту производства в Owens Illinois (США) первого стекловолокна, широкое производство которого освоила фирма Owens-Corning Fiberglas Corporation. В 1946 году была представлена первая подводная лодка с корпусом из композиционных материалов на основе усиленного стекловолокном пластика, в 1953 году более 10 000 автомобилей Corvette первого поколения произведено с корпусом из FRP (усиленного стекловолокном пластика).

В отличие от однонаправленных композитов, в текстильных композитах армирующий компонент ориентирован более чем в одном направлении. Как правило, текстильные композиционные материалы подразделяются на три типа, в зависимости от методов, используемых для их создания. Это - ткани, трикотажные полотна и плетеные изделия. Трикотажные и плетеные текстильные изделия используются для изготовления композитов сложных форм, они имеют большую стойкость к ударным нагрузкам, чем тканые композиты, в то время как ткани имеют более высокую объемную долю вложения армирующего компонента, что обеспечивает лучшие механические свойства композита в плоскости армирующего компонента.

Тканые материалы являются наиболее часто используемой формой текстильного основания композиционных материалов. Основным преимуществом тканых основ является хорошая стабильность размеров в направлении основы и утка, хорошая формуемость, высокая плотность расположения нитей и высокая жесткость на изгиб по сравнению с другими текстильными основаниями для композитов. С другой стороны, они являются анизотропными, имеют плохое сопротивление сдвигу в плоскости армирования, и в меньшей степени подходит для глубокого вытягивания, чем при формовании трикотажных или плетеных полотен.

К параметрам, которые определяют механические свойства текстильных армированных композитов, относят: переплетение, линейную плотность нитей (пряжи), их разрывную нагрузку, а также долю армирующего компонента в композите.

Различают 2-D (классическая однослойная структура) и 3-D (многослойные ортогонального и неортогонального строения) структуры тканей, используемых в качестве текстильных основ для композитов. Зарождение и развитие тканых композиционных материалов началось с использования однослойных структур простых переплетений, представленных на рис.1. В данном случае текстильный материал состоит из двух систем переплетенных между собой нитей. Как правило, для создания тканой основы композиционного материала используют полотняное, саржевое и атласное (сатиновое) переплетения. Ткани полотняного переплетения обладают хорошей стабильностью и являются наиболее часто используемым переплетением тканой арматуры. Структура саржевого ткацкого переплетения более рыхлая, чем полотняного переплетения. Атласные переплетения отличаются от саржевого переплетения тем, что, не имея явной диагонали, придают тканям хорошую драпируемость, более гладкую поверхность и минимальную толщину. Кроме этого атласные переплетения формируются с большой плотностью по основе при небольших значениях уработки основных нитей, что приводит к хорошим

механическим свойствам композита, в силу большого вложения армирующего компонента и сохранения свойств волокна, так как он находится в менее извитом состоянии. Недостатком данного переплетения является низкая стабильность и асимметрия, которая при сборке нескольких слоев может вызывать межслойные напряжения. Нередко в однослойных текстильных материалах для композитов используется переплетение – рогожка. Композиционные материалы на основе тканей этого переплетения сильнее армированы, чем ткани полотняного переплетения, но менее стабильны.

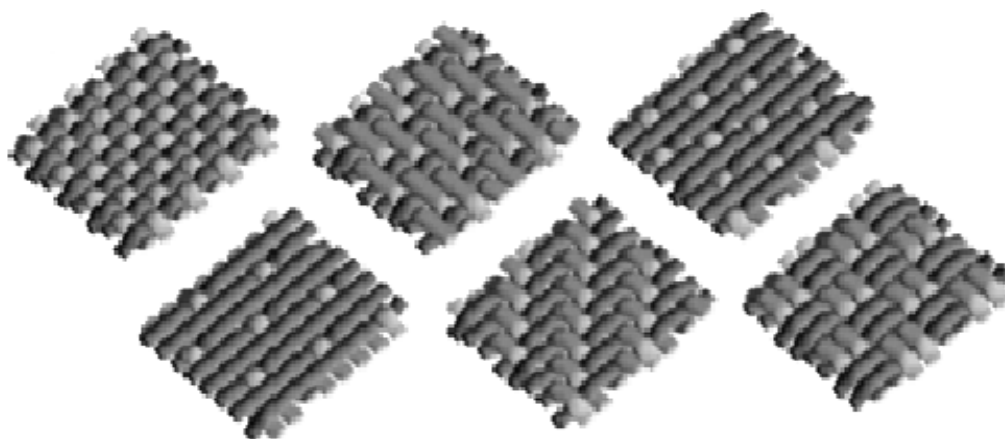


Рис. 1. 2-D структуры тканей основных переплетений, используемых для производства композиционных материалов

Дальнейшее свое развитие тканые текстильные материалы получили в направлении формирования объемных тканых структур, имеющих более высокие некомпланарные свойства, низкую вероятность отслаивания, лучшую способность создавать различные типы форм поперечного сечения. В силу своего назначения многослойные ткани, используемые в композиционных материалах, можно условно поделить на многослойные тканые полотна постоянной ширины и тканые преформы.

На рис.2 представлены различные структуры многослойных тканей, вырабатываемых единым полотном по всей ширине заправки ткацкого станка. Как правило, такие ткани вырабатываются с ортогональным расположением нитей основы и утка в тканом полотне.

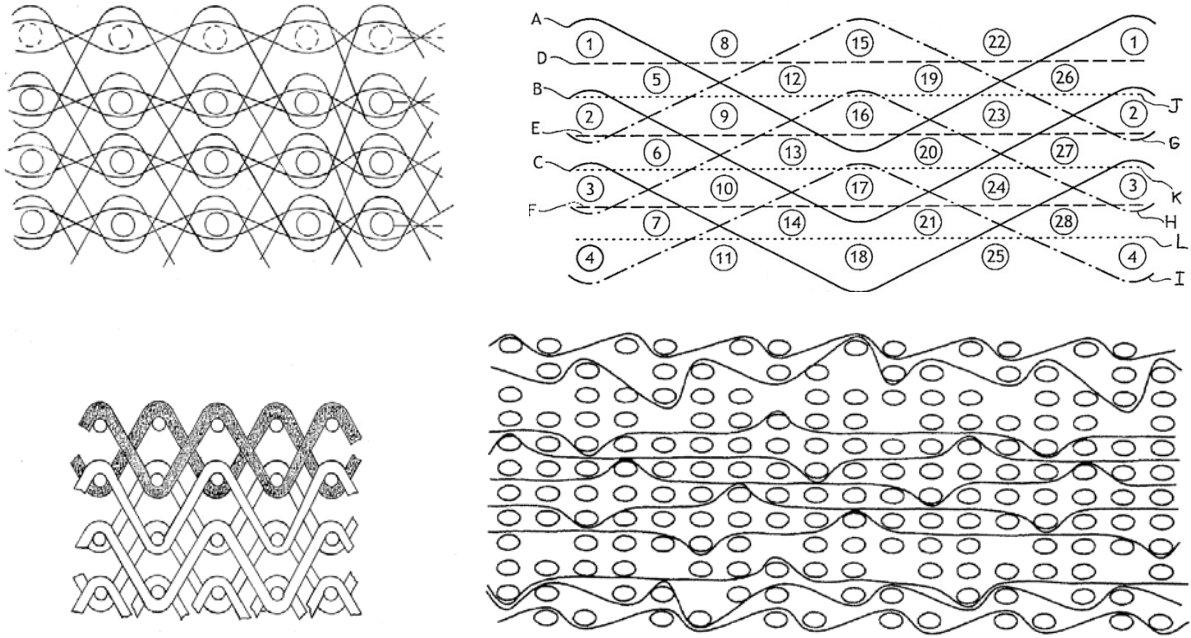
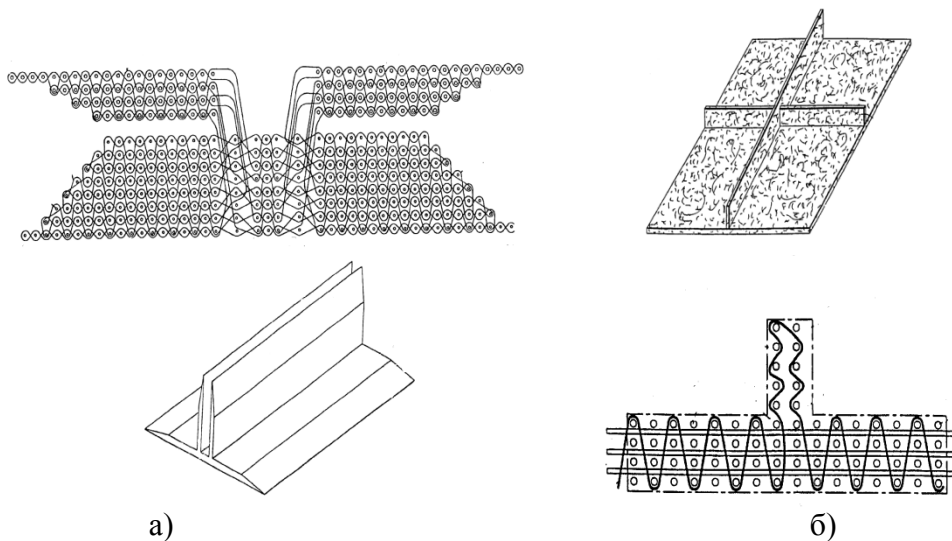


Рис. 2. Многослойные ткани с постоянной шириной тканого полотна

Ткань формируется за счет переплетения нитей разных слоев между собой, возможных вариантов взаимодействия нитей при этом большое множество. Специальной конструкции ткацкого станка для формирования таких тканей не требуется.

Особый интерес в последнее время получили многослойные ткани переменной ширины, тканые преформы. Первые структуры таких 3-D тканей были разработаны в 1970-х годах. Они характеризуется тем, что нити ориентированы не только в плоскости и по толщине ткани, но и формируют тканое полотно заданным профилем. При этом нити могут располагаться в тканях как ортогонально так и неортогонально. На рис.3 представлены тканые преформы.



а) б)
Рис. 3. Многослойные ткани заданного профиля

Для изготовления тканых конструкций сложного профиля требуется специальное ткацкое оборудование, позволяющее производить изделия заданной формы, обеспечивающее устойчивость к деформационным нагрузкам в разных точках их приложения. Преформы

получили свое развитие, в том числе, в качестве соединительных элементов вместо металлических болтов в конструкции воздушных судов, в результате использования которых стоимость конструкции с применением преформ уменьшилась на 17 % по сравнению с болтовой структурой, при одновременном снижении ее веса практически на 50 %. На рис.3а представлена конструкция и рисунок переплетения тканой заготовки для армированного композиционного материала, выполняющего роль соединительного элемента в конструкции из композиционных материалов [1]. На рис 3.б – конструкция и рисунок переплетения тканой трехмерной панели с ребрами жесткости [2]. Формирование тканых конструкций сложного профиля получило свое развитие в создании на ткацком станке трехмерных сложных структур, используемых не только в качестве соединительных элементов, но и формируемых взамен металлических деталей различных конструкций. На рис. 4а представлена схема и переплетение нитей в тканой композитной лопасти вентилятора. В данном случае изменение размера тканой детали по ширине образца происходит за счет введение в полотно нитей утка разной линейной плотности [3]. На рис. 4б – тканый элемент лопасти газотурбинного двигателя [4], изменение размеров в которой происходит за чет смены переплетения.

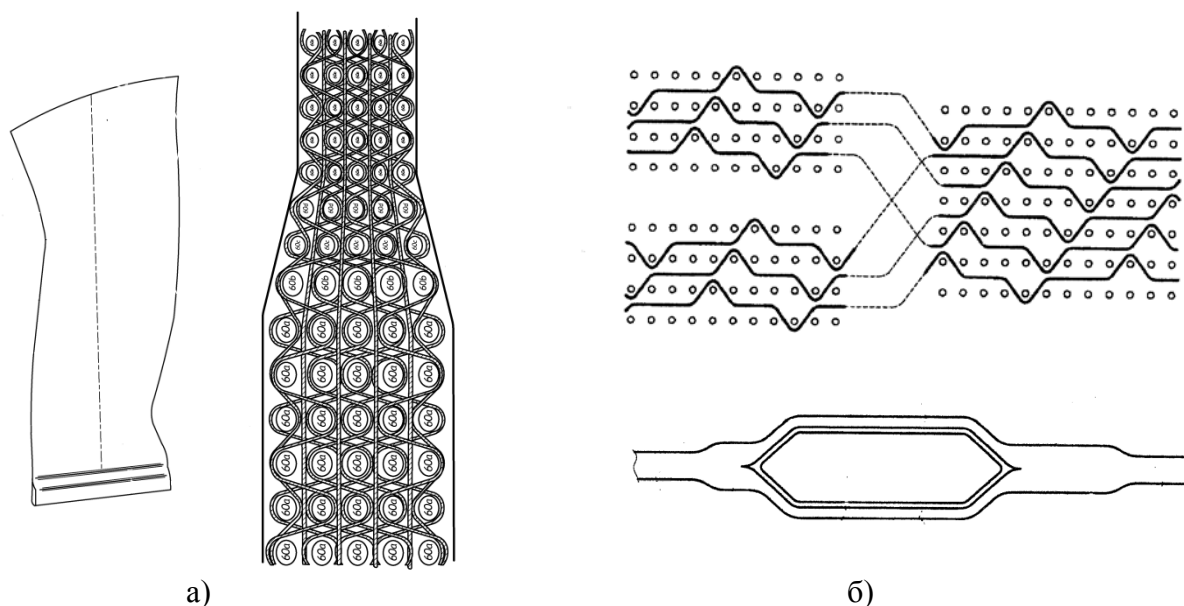


Рис. 4. Многослойные тканые конструкции

Развитие текстильных композиционных материалов идет в направлении формирования на станке тканых форм сложной конструкции с изменением размеров тканого материала не только по ширине, но и по длине и высоте изделия.

Новые волокна, ткани и преформы получили широчайшее распространение в авиационной, космической, атомной промышленности, в ветроэнергетике, в трубопроводном транспорте. На их основе изготавливают современные строительные материалы, отличающиеся рядом уникальных свойств. Перечень изделий товаров народного потребления также чрезвычайно велик – это и автобамперы особой прочности, шлемы и прочее защитное оборудование для строителей, проходчиков, спортсменов, товары для туризма и отдыха (рыболовные удочки, клюшки для гольфа, оснастка велосипедов, роликовых коньков) и много, многое другое.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Патент US8127802 B2 (США) Pi-preform with variable width clevis [Текст]/ Kenneth Ouellette, Jonathan Goering, Brock Gilbertson; заявитель и патентообладатель Albany Engineered Composites, Inc.- US 12/260,689; заявлен 29.10.2008; опубл. 06.03.2012.
- 2 Патент US6019138 A (США) Automated three-dimensional method for making integrally stiffened skin panels [Текст]/ Ahmed Ezzeldin Malek, Christopher Michael Pastore; заявитель и патентообладатель Northrop Grumman Corporation.- US 09/284,267; заявлен 21.03 1997; опубл. 01.02.2000.
3. Патент US8662855 B2 (США) Integrally woven composite fan blade using progressively larger weft yarns [Текст]/ Rajiv A. Naik, Steven R. Clarke; заявитель и патентообладатель United Technologies Corporation.- US 12/872,346; заявлен 31.08.2010; опубл. 04.03.2014.
4. Патент US20130089429 A1 (США) Composite material turbine engine blade and method for manufacturing same [Текст]/ Romain Nunez, Stéphane BLANCHARD, Guillaume Renon, Dominique Coupe, Clément ROUSSILLE; заявитель и патентообладатель Herakies, Snecma.- US 13/515,879; заявлен 10.12.2010; опубл. 11.04.2013.
5. Башкова Г.В. Проектирование основных свойств трикотажных геополотен [Текст] /Г.В. Башкова, А.П. Башков, Д.А. Алешина, С.В. Соколова // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности.- 2013.- №3.- С.159-162

УДК 677.011

МИРОВЫЕ СТАНДАРТЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

GLOBAL STANDARDS FOR QUALITY ASSESSMENT OF TEXTILE MATERIALS

А.Ю. Матрохин

A.Yu. Matrokhin

Ивановский государственный политехнический университет

Ivanovo State Polytechnic University

E-mail: matrokhin.igta@mail.ru

Определено значение деятельности по нормированию и подтверждению качества в системе регулирования мирового рынка текстиля и одежды. Проведен обзор наиболее авторитетных организаций по стандартизации объектов текстильной и легкой промышленности. Дана оценка текущего состояния процессов мониторинга качества сырья и продуктов текстильного производства и выявлены ключевые направления дальнейшего развития применяемых методов и средств измерений.

Ключевые слова: текстильные материалы, оценка качества, стандарты, методы

Defined the value of activity on standardization and quality verification in the global regulation textile market. A review of the most respected organizations in the standardization of objects of textile and light industry. Defined the current state of quality monitoring processes by raw materials and textile industry products and identified key areas for further development of measurement methods and measuring instruments.

Keywords: textiles, quality evaluation, standards, methods

Мировой рынок текстиля и одежды объединяет производителей и потребителей волокон, пряжи и нитей, текстильных полотен, одежды и изделий из текстиля, а также различные формы ассоциаций участников (ITMF, ITCB и др.) и регулирующие структуры на национальном (Росстандарт, USDA и др.) и наднациональном уровнях (ICAC, IWTO и др.). Текстильная отрасль занимает заметную долю мировой экономики (около 4,8 % от мирового ВВП) и оценивается примерно в \$ 3,7 трлн. [1]. Разнообразные регулирующие органы, федерации, объединения и ассоциации разрабатывают единые правила торговли,

рассмотрения споров, формируют политику в области оценки качества, занимаются инспекцией качества, используя сложившиеся системы стандартов. Механизмы регулирования носят как рыночный, так и нерыночный характер, но в любом случае участники рынка в принятии своих решений о ценообразовании, возможности поставки материалов или их запуска в производство руководствуются техническими требованиями, которые предъявляются к конкретному виду материала и подтверждаются в ходе лабораторных исследований. В этой связи становится очевидным, что в международной торговле вопрос о применении тех или иных методов и средств оценки качества текстильных материалов является важным рычагом в достижении текущих и стратегических целей. Экономическая значимость всех аспектов контроля качества в текстильной отрасли обусловила бурное развитие зарубежной индустрии приборостроения и, в частности, стандартизацию методов измерений. Наличие стандартов, признаваемых конкретными участниками рыночных отношений, является основным фактором в распространении тех или иных научно-технических решений на национальном, региональном и глобальном уровнях. Подчас пользователи поддаются авторитетному влиянию конкретных торговых марок в ущерб для экономичности, функциональности и обеспечения единства измерений.

Анализ применяемых стандартов в области нормирования и оценки качества текстильных материалов позволил выявить ряд организаций по стандартизации, наиболее известных в профессиональной среде (таблица 1).

Таблица 1

Источники стандартов, применимых в области оценки качества текстильной продукции

Обозначение (индекс) стандартов	Количество стандартов по текстилю	Утверждающая организация	Расположение штаб-квартиры, адрес вебсайта
GB, GB/T, GBT, FZ, FZ/T, FZT, SN; SN/T; SNT	более 2500 [2]	Управление по надзору за качеством, инспекции и карантину КНР (Administration of Quality Supervision, Inspection, and Quarantine)	КНР, г. Пекин www.aqsiq.gov.cn
DIN	2102 [3]	Немецкий институт по стандартизации (Deutsches Institut für Normung)	ФРГ, г. Берлин www.din.de/en
ГОСТ	1895 [3]	Межгосударственный совет по стандартизации (МГСС)	Республика Беларусь, г. Минск www.easc.org.by
ГОСТ Р		Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт)	Россия, г. Москва www.gost.ru
ISO	1345 [3]	Международная организация по стандартизации (International Organization for Standardization)	Швейцария, г. Женева www.iso.org
IS	1174	The Bureau of Indian Standards (Индийское бюро стандартов)	Индия, г. Нью Дели www.bis.org.in
ASTM D	342	Американское общество по испытаниям и материалам (American Society for Testing and Materials)	США, штат Пенсильвания www.astm.org
AATCC	157	Американская ассоциация текстильных химиков и колористов (The American Association of Textile Chemists and Colorists)	США, штат Северная Каролина www.aatcc.org
IWTO	52	Международная организация по шерсти и текстилю (International Wool Textile Organization)	Бельгия, г. Брюссель www.iwto.org

Очевидно, что законодателями мод в данной области являются зарубежные структуры, которые, безусловно, придерживаются протекционистской позиции в отношении собственных компаний разработчиков и изготовителей приборно-методического оснащения.

Состояние процессов измерения и мониторинга качества сырья и продуктов текстильного производства в отечественной практике несколько отличается от общемировых тенденций. Общую ситуацию в российской практике оценки качества волокнистого сырья и волокнистых продуктов можно охарактеризовать следующим образом:

- большинство стандартизованных методов и средств измерений как структурных, функциональных и эксплуатационных характеристик текстильного сырья, пряжи, полотен не обновлялись в течение 25-30 лет, в течение которых происходило не только устаревание нормативной базы, но и ухудшение физического состояния инструментальных средств измерений;

- новшества в национальных стандартах на методы испытаний, которые вносятся в последние годы, например [4], лишь переносят имеющийся зарубежный опыт и технические средства на российскую действительность;

- средняя доля автоматизированных операций в процессе измерения свойств сырья составляет менее 10%, что отражается на повышении трудоемкости и уменьшении представительности выборочных данных;

- имеется несоответствие между традиционными отечественными методиками измерений и номенклатурой показателей качества импортируемого сырья, что вызывает проблемы во взаимоотношениях текстильных предприятий и поставщиков сырья;

- оперативный мониторинг качества полуфабрикатов непосредственно в процессе изготовления практически не работает в связи с отсутствием технических средств контроля или с недостаточным использованием данных, собираемых с помощью встроенных средств контроля, установленных на современном технологическом оборудовании.

Основной причиной указанных проблем является отсутствие государственной поддержки отечественного приборостроения в текстильной отрасли. Единственным российским изготовителем, осуществляющим разработку и выпуск средств контроля, измерений и мониторинга на промышленном уровне является ЗАО «Метротекс» (г. Москва). За рубежом разработки по измерению характеристик сырья и продуктов прядильного производства и др. текстильных производств предлагает множество фирм, среди которых наиболее известны Uster Technologies (Швейцария), Mesdan (Италия), Lintronic (Израиль), Premier Polytronic (Индия), Textechno GmbH (Германия), ITRU GROUP Ltd. (Турция), Keisokki (Япония) и др. Сравнительная оценка возможностей отечественных и зарубежных методов мониторинга свойств сырья и полуфабрикатов приведена в таблице 2.

Таблица 2

Сравнительная характеристика применяемых методов мониторинга значимых свойств волокнистого сырья и полуфабрикатов прядильного производства

Стадия применения (объект мониторинга)	Наименование контролируемого свойства объекта мониторинга	Условная оценка* возможностей методов мониторинга, принятых	
		в РФ	за рубежом
Исходное волокнистое сырье	Прочность	С	В
	Протяженность (длина)	С	В
	Толщина	С	В
	Зрелость	Д	С
	Засоренность	С	В
	Цвет	Д	В
	Биоповрежденность	Д	С
Технологическая смесь	Засоренность (очищенность)	С	В
	Разрыхленность	С	С

Лента	Равномерность по толщине	В	А
	Распрявленность волокон	С	С
Ровница	Равномерность по толщине	В	А
Пряжа	Прочность	С	В
	Равномерность по прочности	С	В
	Толщина	В	А
	Равномерность по толщине	В	А
	Засоренность	С	А
	Скрученность	С	С

*Примечание А – возможность высокопроизводительной оценки непосредственно в процессе производства; В – возможность высокопроизводительной оценки в лабораторных условиях; С – возможность инструментальной оценки в лабораторных условиях; D – возможность органолептической оценки.

Целевая установка в развитии методов и средств мониторинга заключается в повышении автоматизации, производительности и информативности контроля, расширении функциональных возможностей, а также в приближении мониторинга к режиму on-line. Например, трудоемкое определение характеристик длины волокон хлопка путем ручной или механической рассортировки штапеля волокон на классы с последующим измерением массы каждого класса [5] уступает место измерению интенсивности светового потока, поглощенного специальной пробой в ее различных сечениях [6]. Известные измерительные комплексы USTER®HVI 1000 для оценки свойств сырья отличаются высокой производительностью (300 тестов в час), которая востребована производителями и поставщиками хлопкового волокна. Применение оптико-электронных сенсоров в измерительном комплексе USTER®AFIS PRO 2 [7] обеспечивает автоматическое измерение геометрических размеров и формы отдельных волокон, движущихся в дискретном потоке, что позволяет осуществлять детальный операционный контроль процессов прядильного производства. Контроль качества нитей с использованием современного измерительного оборудования USTER®TESTER 6 - C800, USTER® TENSORAPID 4 обеспечивает получение информации о крутке, неравномерности по толщине, ворсистости, засоренности, прочности с производительностью до 800 м/мин в соответствии со стандартами ISO и ASTM. Постоянно расширяется перечень стандартов на методы контроля полотен в свете появления новых материалов, включая геотекстиль и изделия специального назначения.

Вместе с тем российское научное материаловедческое сообщество находит новые технические решения с целью разработки интеллектуальных систем мониторинга. В последние годы все более активно развиваются компьютерные методы количественной оценки геометрических и структурных свойств текстильных материалов по их цифровым изображениям. Известные отечественные разработки по степени автоматизации можно классифицировать на три группы.

Первая группа методов [8] предполагает интерактивную работу с изображением, при этом измерительные операции заключаются в том, что пользователь вручную выделяет на изображении опорные точки или примитивы, а компьютерная программа обрабатывает полученный массив координат или размеров и выдает сводные результаты. Существенный недостаток методов данной группы состоит в том, что в силу высокой трудоемкости интерактивных процедур их производительность мало отличается от классических ручных методов. Поэтому их можно рекомендовать для исследовательских и проектных задач при создании специфичной продукции, но не для массового контроля качества.

Вторая группа методов [9, 10] отличается тем, что полученные изображения обрабатываются компьютерной программой в полностью автономном режиме. Принцип измерений может быть различным, например, подсчет числа элементов изображения с

определенной яркостью, либо обнаружение объектов по перепаду яркости между близлежащими пикселями, либо построение и численный анализ одномерных сигналов (графиков) с подсчетом числа «вершин», «впадин» и др. признаков. Современные возможности компьютерной техники позволяют реализовать подобные действия в течение доли секунды, а объем выборки оказывается достаточным с точки зрения принятых стандартов на методы контроля. Характерным недостатком такого подхода является то, что программа действует в соответствии с заранее заложенными критериями, которые не всегда соответствуют параметрам отдельных специфичных видов материалов. Из-за этого приходится признавать риск ошибок в распознавании и подсчете и необходимость введения ограничений на использование разрабатываемых программных продуктов.

Дальнейшее совершенствование компьютерного анализа изображений объектов (полотен) с произвольными параметрами предполагается на основе методов третьей группы [11], потенциально способных решать задачу анализа изображений и предварительной классификации макро и микрообъектов. С этой целью применяют спектральный анализ, основанный на преобразовании Фурье. Наиболее ценным преимуществом данного преобразования является то, что оно позволяет выделять регулярные составляющие в сложном колебательном сигнале, благодаря чему можно правильно интерпретировать экспериментальные наблюдения. Выявление характерных синусоидальных составляющих с помощью преобразования Фурье позволяет не привязываться к конкретным участкам изображения, и при этом «видеть» не только текущее распределение элементов структуры, но и изменения, происходящие в структуре исследуемого объекта под действием различных факторов. При обработке изображений с помощью преобразования Фурье, полученных в ходе эксплуатационных испытаний текстильных полотен, расширяются функциональные возможности количественной оценки разнообразных изменений внешнего вида текстильных полотен за счет применения дополнительных информационных признаков двух типов, а именно профиля яркости и его амплитудно-частотной характеристики.

В свете конкуренции отечественных и зарубежных научных разработок и установлении приоритета следует отметить отдельные заимствования, которые позволяют себе некоторые зарубежные авторы. Например, в [12] от 2014 года опубликован «новый метод» определения длины волокон, основанный на сканировании двухсторонней пробы волокон. При этом аналогичное отечественное решение, подтвержденное патентом РФ на изобретение [13], было опубликовано в 2004 году. Это убедительно показывает актуальность соответствующих разработок и, вместе с тем, недостаточное использование механизмов продвижения новых отечественных методик на стадии серийного использования.

В заключении, хотелось бы призвать молодых российских ученых активно осваивать передовые отечественные и зарубежные технологии, применимые в области оценки качества текстильных материалов и реализовывать принципиально новые решения, способствующие усилению конкурентных позиций отечественного бизнеса, созданию принципиально новой продукции (материалов, технологий, различных видов изделий легкой промышленности, в том числе специального назначения) и повышению авторитета российской научной школы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Обзор мирового рынка одежды и текстиля от MarketLine® // Режим доступа: www.ereport.ru/articles/textile.htm.
2. Каталог национальных, промышленных и профессиональных стандартов Китайской Народной Республики // Режим доступа: www.chinesestandard.net.
3. Интернет-магазин стандартов ФГУП «Стандартинформ» на основе информационных ресурсов Федерального информационного фонда технических регламентов и стандартов // Режим доступа: www.vniiki.ru.
4. ГОСТ Р 53031-2008. Волокно хлопковое. Порядок измерения показателей на системе HVI.
5. ГОСТ Р 53232-2008. Волокно хлопковое. Методы определения длины.

6. ASTM D 1447 - 07(2012). Standard test method for length and length uniformity of cotton fibers by photoelectric measurement.
7. Официальный сайт компании Uster Technologies AG // Режим доступа: www.uster.com.
8. Мякишева О.А., Павлов С.В. Оценка секториальной неровноты смешанности волокон в поперечном сечении пряжи // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. - 2014. - № 6. – С. 24 .. 26.
9. Шаломин О.А., Матрохин А.Ю., Баженов С.М., Кавин Н.О. Построение автоматизированной системы контроля технологического процесса формирования ткани // Известия вузов. Технология текстильной промышленности, 2013. - № 1. – С. 167 .. 169.
10. Матрохин А.Ю., Шаломин О.А., Гусев Б.Н. Лабораторный измерительный комплекс для оценки показателей качества хлопковых волокон // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. - 2010. - № 4. – С. 120 .. 123.
11. Буйлов П.В., Коробов Н.А. Совершенствование емкостного метода измерения линейной плотности текстильных материалов // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. - 2012. - № 2. – С. 156 .. 159.
12. Wu H.Y., Wang F.M. Dual-beard sampling method for fibre length measurements // Indian Journal of Fibre & Textile Research Vol. 39, March 2014, pp. 72-78.
13. Патент РФ на изобретение № 2234676, 16.04.2003 Матрохин А.Ю., Шаломин О.А., Коробов Н.А., Гусев Б.Н. Способ определения характеристик длины группы текстильных волокон // Патент России 2234676, бюлл. № 23 от 20.08.2004.

УДК 621.382

ВОЗМОЖНОСТИ ПЛАЗМОХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ С УЛУЧШЕННЫМИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ СВОЙСТВАМИ

POSSIBILITIES OF PLASMA CHEMICAL TREATMENT FOR THE PRODUCTION OF TEXTILE MATERIALS WITH ADVANCED FUNCTIONAL PROPERTIES

В.А. Титов¹, Б.Л. Горберг²
V.A. Titov¹, B.L. Gorberg²

Институт химии растворов им. Г.А. Крестова РАН (Иваново)
Ивановский государственный химико-технологический университет
G.A. Krestov Institute of the Solution Chemistry, RAS (Ivanovo)
Ivanovo State University of Chemistry and Technology
E-mail: titov25@gmail.com, gorberg@isuct.ru

Рассмотрены способы плазмохимической обработки текстильных материалов для улучшения функциональных свойств. Обсуждаются способы генерации плазмы, ее характеристики и процессы, приводящие к модифицированию поверхности. Представлены некоторые характеристики промышленного оборудования для плазмохимического модифицирования текстильных материалов и примеры его использования.

Ключевые слова: плазма, текстильный материал, модифицирование, магнетронное распыление, оборудование.

Plasma chemical treatment for the improvement of textiles functional properties is considered. Methods of non-equilibrium plasma generation, plasma properties and processes resulting in surface modification are discussed. Some technical details of industrial plasma chemical equipment are given and examples of applications are shown.

Keywords: plasma, textile material, modification, magnetron sputtering, equipment.

Расширение сферы использования текстильных материалов требует придавать им новые функциональные свойства, которые не всегда достигаются традиционными технологиями отделки. Часто специфические свойства необходимо придать лишь тонкому поверхностному слою без изменения объемных характеристик материала. Подобные задачи можно решить с использованием плазмохимической обработки, которая приводит к изменению состава и структуры тонкого поверхностного слоя материала, вызывая в результате изменение смачиваемости, адгезионных свойств, биосовместимости и ряда других характеристик поверхности (табл. 1) [1–5]. Эффективным методом модифицирования текстильных и пленочных полимерных материалов является также нанесение нанослоев металлов или их соединений, например, методом магнетронного распыления [6, 7].

К модификации поверхности полимеров в неравновесной плазме ведут несколько типов взаимодействий.

1. На поверхности подложки образуется новое химическое соединение только из газообразных компонентов плазмы. Примеры таких процессов – «плазмохимическая полимеризация» и осаждение из плазмы соединений металлов (например, при реактивном магнетронном распылении).

2. Гетерогенные реакции активных частиц плазмы с поверхностью, которые приводят к образованию продуктов, разрушающихся в дальнейшем под действием плазмы до летучих соединений. При длительном воздействии плазмы (с уносом газообразных продуктов потоком) процесс становится стационарным. При этом на поверхности формируется тонкий модифицированный слой, отличающийся по структуре и свойствам от исходного полимерного материала.

3. Химическая активность поверхности, достигаемая под действием плазмы, может сохраняться достаточно долго (минуты, а в ряде случаев и часы). Это позволяет осуществить химическое модифицирование поверхности и после обработки в плазме. Такова, например, прививочная сополимеризация, инициируемая плазмой.

4. В последние годы развивается новое направление плазмохимии, связанное с газоразрядным инициированием химических реакций в растворах. Показано, что такой подход тоже позволяет проводить поверхностное модифицирование полимеров, включая текстильные материалы. В этом случае с материалом, погруженным в жидкость, взаимодействуют активные частицы, образующиеся в жидкой фазе при газоразрядной обработке.

Таблица 1

Физико-химические и технологические эффекты действия плазмы на полимеры [1-6]

Химические и физические изменения	Технологические и потребительские эффекты
<p>Химические изменения поверхностного слоя: Образование двойных связей, сшивок, новых функциональных групп (-ОН, -C=O, -COOH, -CN, =NH, -NH₂ и др.) Процессы деструкции: разрыв цепей макромолекул, разрушение функциональных групп, выделение газообразных продуктов. Другие изменения: эффективная степень полимеризации и средняя молекулярная масса; степень окисления отдельных атомов в макромолекуле, окислительно-восстановительные свойства поверхности</p>	<p>Изменение смачиваемости, капиллярности, полного влагопоглощения тканей, гидрофильности пленочных материалов. Увеличение прочности окраски тканей, уменьшение времени крашения, улучшение печатных свойств пленок и тканей. Улучшение адгезионных свойств поверхности при получении покрытий и композиционных материалов. Придание антиресорбционных свойств и уменьшение загрязняемости тканей. Изменение растворимости поверхностного слоя в органических и неорганических растворителях. Стерилизация изделий. Придание биосовместимости.</p>

Изменения структуры поверхностного слоя: степень кристалличности, температура фазовых переходов, инициированные плазмой фазовые переходы, образование микродоменных структур, рост эффективной площади поверхности, изменение пористости и проницаемости поверхностного слоя, коэффициентов диффузии газов и жидкостей.	Улучшение погодостойкости полимерных изделий. Предотвращение выпотевания пластификаторов из объема полимера. Модификация свойств ионообменных смол и ион-селективных мембран.
Изменения физических свойств поверхностного слоя: - поверхностная энергия; - коэффициент поверхностного трения; - механические свойства волокон и пленок; - спектр поглощения в УФ- ИК- и видимой областях; - поверхностная проводимость, диэлектрическая проницаемость, тангенс угла диэлектрических потерь	Увеличение прочности и эластичности пленок и волокон, рост сопротивления истиранию, уменьшение обрывности волокон при прядении. Повышение прочности клеевых соединений тканей, полимерных пленок и изделий из пластмасс. Уменьшение свойлачиваемости и усадки шерсти. Улучшение несминаемости тканей. Изменение колористических характеристик поверхности полимера, сглаживание поверхности и уменьшение поверхностного трения. Придание требуемых электрофизических свойств поверхности, включая антистатические свойства.

Для модифицирования текстильных материалов используется неравновесная плазма, генерируемая как разрядами пониженного давления (разряд постоянного тока, ВЧ- и СВЧ-разряды), так и различными видами разрядов атмосферного давления (коронный и поверхностно-барьерный разряды, тлеющий разряд постоянного тока, стабилизированный быстрым потоком газа, или плазменные струи, создаваемые при различной частоте электромагнитного поля).

Следует отметить, что уже много лет на российских и зарубежных предприятиях успешно эксплуатируется оборудование для обработки текстильных материалов в плазме пониженного давления для придания тканям лучшей гидрофильности (или гидрофобности), крашиваемости, адгезии. Технические характеристики некоторых установок представлены в табл. 2, а примеры их использования для модифицирования текстильных материалов – в работах [1–5].

Таблица 2

Характеристики промышленных установок для обработки текстильных материалов в плазме пониженного давления

Установка	Ширина обрабатываемого материала, мм	Диаметр рулона, мм	Скорость обработки, м/мин	Длина зоны обработки, м	Мощность, кВт	Диаметр вакуумной камеры, мм
LPCH-180SH	1700	1350	0 – 80	8.5	90	1600
KPR-180/1	1700	1050	0 – 80	6.66	80	2000
KPR-270	2600	700	0 – 80	5.0	85	2000
KPR-200	2000	700	0 – 80	5.4	80	2000
KPR-50/50-1	500	500	0 – 50	2.5	3.2	1050

Созданы и установки для нанесения слоев металлов или их соединений на поверхность тканей, нетканых и пленочных полимерных материалов методом магнетронного распыления (табл. 3). Показаны возможности формирования покрытий из алюминия, титана, меди, серебра, нержавеющей стали, латуни, бронзы на поверхности текстильных материалов, искусственных кож и полимерных пленок [8–10]. Распыление титана в смеси аргона с азотом позволяет наносить на текстильные материалы пленки из нитрида титана, в смеси с

кислородом – из диоксида титана [10]. Изменяя параметры процесса, можно варьировать толщину покрытий от единиц до нескольких десятков нанометров. Использование высокочастотного магнетронного распыления позволяет наносить покрытия из политетрафторэтилена, которые придают материалам водоотталкивающие свойства [11].

Таблица 3

Технические характеристики установок магнетронного напыления УМН-180 и ММ-180 [6]

Параметр	УМН-180	ММ-180
Рабочая ширина, мм	1800	1800
Максимальный диаметр загружаемого рулона, мм	700	700
Объем вакуумной камеры, м ³	15	15
Количество магнетронов	2	4
Рабочее давление, мм рт. ст.	$(0,5—3) \cdot 10^{-3}$	$(0,5—3) \cdot 10^{-3}$
Ток разряда (для одного магнетрона), А	1—25	1—25
Скорость движения материала, м/мин	0—20	0—40
Производительность *, м/месяц	2000—21000	7000—41000

* Производительность зависит от напыляемого металла и текстильного материала или пленки

Установка УМН-180 снабжена двумя магнетронными распылительными устройствами длиной 2088 мм, которые обеспечивают равномерность толщины покрытий по площади материала не хуже $\pm 10\%$ при ширине полотен до 180 см. Двухступенчатая система вакуумирования позволяет откачивать рабочий объем с загруженным рулоном ткани или пленки до давления $5 \cdot 10^{-5}$ мм рт.ст. Точность поддержания потока и давления рабочего газа (или смеси газов) в процессе обработки составляет $\pm 5\%$. Установка снабжена вспомогательными охлаждаемыми электродами для возбуждения тлеющего разряда с целью активации поверхности перед нанесением покрытия. Система протяжки материала обеспечивает его равномерное движение через зону плазмохимической обработки и осаждения покрытий со скоростью до 20 м/мин и адаптирована для проводки как текстильных полотен, так и пленок или листовых материалов толщиной от 12 мкм до 5-7 мм.

Приведем примеры текстильных материалов с улучшенными функциональными свойствами, которые созданы (или могут быть созданы) с использованием технологии магнетронного распыления.

Декоративные и одежные ткани. Созданы новые ткани и искусственные кожи для пошива одежды, а также декоративные интерьерные ткани с покрытием «металлик». В качестве основы используются шелковые и полиэфирные ткани и ряд других материалов (фотографии материалов и изделий из них доступны на сайте <http://ivtechnomash.ru/>). Ткани с покрытиями из нитрида или оксида титана обладают широкой цветовой гаммой, обусловленной в том числе интерференцией света в тонких пленках. Металлизированные ткани и искусственные кожи могут быть использованы для декорирования интерьеров. Так, солнцезащитные шторы на основе полиэфирной ткани с покрытием из алюминия обладают не только привлекательным внешним видом, но и высокой отражательной способностью в инфракрасном диапазоне, что обеспечивает экономию электроэнергии на кондиционирование помещений в жаркие дни.

Текстильные материалы медицинского назначения. Разработка медицинских текстильных материалов – наиболее динамично развивающийся сектор текстильной отрасли. В последние годы появились изделия из медицинского текстиля с внедрением в волокна углеродных нанотрубок, наночастиц серебра и других металлов. Возможности использования метода магнетронного распыления для создания материалов медицинского назначения показаны, например, в работах [6, 12, 13]. Так, был получен композиционный материал на основе полиэтиленоксида с внедренными в него наночастицами серебра с характерными размерами 5-10 нм [12]. Методом магнетронного распыления можно наносить слой углерода на поверхность полиуретана с целью улучшения биосовместимости материала

[13]. В лаборатории ионно-плазменных процессов ИГХТУ разработана технология получения новых медицинских материалов – марли и салфеток с нанослоями серебра, нанесенными методом магнетронного распыления [6]. Эти материалы прошли клинические испытания и разрешены Росздравнадзором к производству и применению на территории Российской Федерации. Возможность экономного и регулируемого нанесения серебра на ткани позволяет существенно расширить применение метода для производства материалов не только для медицины, но и косметологии или в производстве гигиенических изделий.

Электропроводящие и радиоэкранирующие материалы. Металлизированные ткани обладают электрической проводимостью, которая обеспечивает их антистатические свойства. Из таких материалов можно делать, например, искробезопасные фильтры для использования на взрыво- и пожароопасных производствах (угледобывающая, деревообрабатывающая, пищевая промышленность). Ткани с поверхностной электропроводностью перспективны для создания материалов, экранирующих электромагнитные излучения в широком диапазоне частот. Это свойство можно использовать в создании легких, прочных, долговечных и декоративно привлекательных радиоэкранирующих текстильных материалов.

Теплоотражающие материалы. Нанесение тонких металлических покрытий на текстильные материалы существенно изменяет их теплоотражающие свойства. Металлические покрытия обладают хорошей адгезией к текстильным материалам и не изменяют их воздухо- и паропроницаемость. Это позволяет выпускать спецодежду для персонала, работающего в условиях повышенной тепловой нагрузки (сталевары, пожарные), а также комфортную, сохраняющую тепло одежду для работы при низких температурах.

Биологически и каталитически активные материалы. Показано, что текстильный материал из стекловолокон с покрытием из TiO_2 , нанесенным методом магнетронного распыления, проявляет каталитическую активность в процессах плазмохимической деструкции фенола в водных растворах, значительно повышая степень разложения и ускоряя процесс [14].

Несомненный интерес представляет иммобилизация на поверхности полимерных носителей металлокомплексов тетрапиррольных соединений, в частности, порфиринов и их аналогов. Это открывает возможности для создания материалов нового поколения, которые могут найти применение в катализе, мембранных технологиях, в качестве сенсоров, препаратов для медицины и др. [15]. Показана возможность нанесения тетра-*n*-метоксифенилпорфирина, его цинкового, медного и кобальтового комплексов на пленку ПЭТФ методом магнетронного распыления. Найдено, что без предварительного модифицирования поверхности пленки нельзя получить достаточно стабильный материал: при эксплуатации теряются слабо закрепленные слои. Для повышения стабильности покрытия разработан метод, который включает формирование слоя TiO_2 методом магнетронного распыления с последующим нанесением на поверхность металлопорфирина из раствора [16].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кутепов А.М., Захаров А.Г., Максимов А.И. Вакуумно-плазменное и плазменно-растворное модифицирование полимерных материалов. М.: Наука, 2004, 496 с.
2. Morent R., De Geiter N., Verschuren J., De Clerck K., Kiekens P., Leys C. // Surface and Coatings Technology, 2008, V. 202, P. 3427 - 3449.
3. Maximov A.I., Gorberg B.L., Titov V.A. In: Textile Chemistry — Theory, Technology, Equipment. Ed. A.P. Moryganov. New-York: NOVA Science Publishers Inc., 1997, p. 225—245.
4. Кутепов А.М., Захаров А.Г., Максимов А.И., Титов В.А. // Рос. хим. ж. (Ж. Рос хим. об-ва им. Д.И. Менделеева), 2002, Т. 46, № 1, С. 103—115.
5. Shishoo R. Plasma technologies for textiles. Woodhead Publishing, Ltd in association with The Textile Institute, Cambridge, 2007.

6. Горберг Б.Л., Иванов А.А., Мамонтов О.В., Стегнин В.А., Титов В.А. // Российский химический журнал (Ж. Рос хим. об-ва им. Д.И. Менделеева). 2011. Т. 55. № 3. С.7 – 13.
7. Gorberg, B.L., Ivanov, A.A., Mamontov, O.V., Stegnin, V.A., Titov, V.A. // Russian Journal of General Chemistry, 2013, V. 83, № 1, P. 157-163.
8. Горберг Б.Л., Иванов А.А., Мамонтов О.В., Стегнин В.А., Титов В.А. VI Международный симпозиум по теоретической и прикладной плазмохимии (5-9 сентября 2011 г.): сборник трудов, Иваново: Ивановский гос. хим.-технол. ун-т, 2011, С. 24-25.
9. Горберг Б.Л., Иванов А.А., Стегнин В.А., Рыбкин В.В., Титов В.А. Тез. докл. 1-ой Междун. научно-практ. конф. «Нанотехнологии в индустрии текстиля». М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2006, С. 27-32.
10. Горберг Б.Л., Иванов А.А., Рыбкин В.В., Титов В.А. В кн.: Исследования и разработки в области нанотехнологий./ Под ред. В.И. Светцова. Иваново: Ивановский гос. хим.-технол. ун-т, 2009, С. 163-167.
11. Кумеева Т.Ю., Горберг Б.Л., Пророкова Н.П. // Тез. докл. III Междун. научно-технической конф. «Текстильная химия-2008». Иваново, 9-11 декабря 2008 г.
12. Chen Q., Zhou M., Fu Y., Weng J., Zhang Y., Yue L., Xie F., Huo Ch. Surf. and Coat. Technol., 2008, V. 202, P. 5576—5578.
13. Kaczorowsky W., Batory D., Nieldselski P. // J. Achievements in Materials and Manufacturing Engineering, 2009, v. 37, № 2, p. 286—291.
14. Bubnov, A. G., Burova, E. Y., Grinevich, V. I., Rybkin, V. V., Kim, J. K., Choi, H. S. // Plasma Chem. Plasma Process. 2006, V. 26, № 1, P. 9-30.
15. Койфман О. И., Агеева Т.А. Порфиринопolyмеры. М.: Изд-во физ.-мат. лит., 2006, 194 с.
16. Koifman O.I., Gorberg B.L., Ageeva T.A., Rybkin V.V., Ivanov A.A., Alopina E.V., Titov V.A. // 35th Inorganic Reaction Mechanisms Meeting (IRMM-35). Krakov, Poland, January 4-7, 2006. Book of abstracts, P. 18.

УДК 677.076.4

ПРОГНОЗ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НЕТКАНЫХ СТРУКТУР МЕТОДОМ АНАЛИЗА ИЗОБРАЖЕНИЙ

PREDICTION OF PHYSICO-MECHANICAL PROPERTIES OF NONWOVENS STRUCTURES USING IMAGE ANALYSIS METHOD

С.В. Ершов, Е.Н. Калинин
S.V. Ershov, E.N. Kalinin

Ивановский государственный политехнический университет
Ivanovo State Polytechnic University
E-mail ershovsv.iv@yandex.ru, enkalini@gmail.com

В статье представлены результаты анализа образцов углеродных нетканых структур технического назначения средствами разработанного нами программного комплекса для определения направленности волокон в нетканых материалах. Для исследуемых образцов определены: направленность волокон, коэффициент анизотропии, средний угол и величина отклонения от среднего значения для направленности волокон. На основе полученных данных сделан вывод об эффективности применения разработанного нами программного комплекса для определения направленности волокон в работе с неткаными структурами технического назначения.

Ключевые слова: нетканые структуры, направленность волокон, коэффициент анизотропии, метод анализа изображений, преобразование Фурье.

The article presents the results of analysis of carbon nonwovens samples using our developed software system for measurement of fiber orientation in nonwovens. The analysis was carried out for carbon nonwoven

samples for whose fiber orientation, anisotropy ratio, mean orientation and standard deviation were determined. The results indicate that the developed software system is suitable for obtaining fiber orientation data of technical purposes nonwovens structures.

Key words: nonwovens structures, fiber orientation, anisotropy ratio, image analysis, Fourier transform.

Основой синтеза композиционного материала на волокнистой основе, как конструкционного материала с заданными функциональными характеристиками, являются технологические процессы по формированию структуры нетканого материала (матрицы композита) с заданным расположением (направленностью) волокон.

В настоящей работе для определения направленности волокон в нетканом материале и его структурных характеристик нами использован метод анализа изображений, в основе которого лежит преобразование Фурье, позволяющий вести обработку цифровых сигналов с использованием дискретного типа преобразования Фурье (ДПФ), а именно - его варианта с ускоренной процедурой вычислений - быстрого преобразования Фурье (БПФ) [1].

Нетканая структура материала на изображении передается оттенками серого цвета и характеризуется переходами яркости от светлого к темному и от темного к светлому, т.е. волокна, которые образуют структуру нетканого материала, представлены как светлые линии на темном фоне (или наоборот) (рис. 1а). Для получения спектра изображения нами выполнено одномерное преобразование Фурье от каждой строки изображения, а после та же операция проделана с каждым столбцом из полученных данных. В полученном после применения БПФ спектре сигнала (рис. 1б) низкочастотные компоненты характеризуют части изображения, где яркость практически не изменяется, а высокочастотные компоненты, наоборот, передают изменения в интенсивности. Таким образом, если волокна преимущественно расположены в каком-то определенном направлении в структуре нетканого материала, то величина интенсивности в этом направлении будет низкой, а интенсивность в перпендикулярном направлении будет высокой. Т.к. полученный спектр изображения нетканой структуры симметричен относительно горизонтальной оси, на график выведены средние значения интенсивности для углов от 0° до 180° (рис. 1в).

Метод реализован в разработанном нами программном комплексе для определения направленности волокон в углеродных нетканых структурах и прогноза их физико-механических свойств [2].

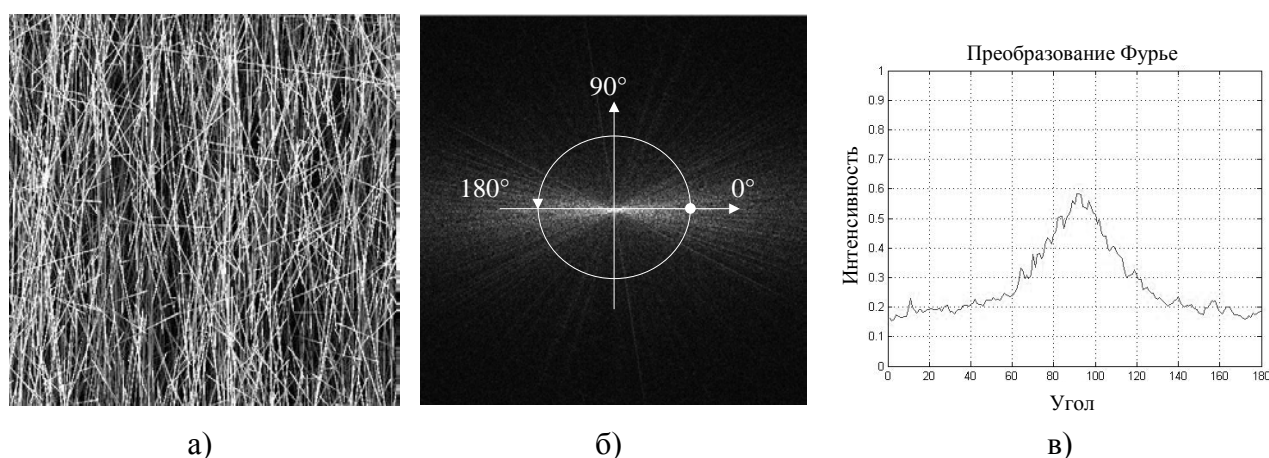
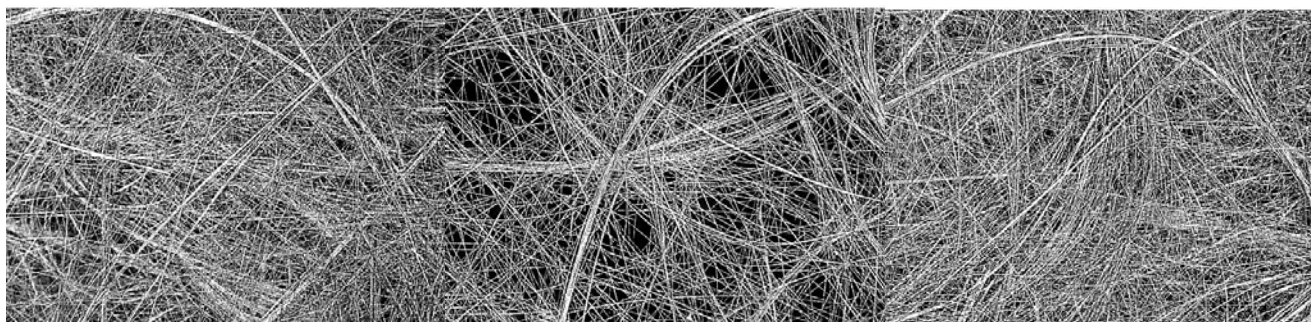


Рис. 1. Процедура вычисления БПФ на примере программно сгенерированного образа нетканой структуры волокнистого материала: а) изображение нетканого материала; б) спектр изображения нетканого материала; в) результат преобразования Фурье

Переходя к анализу углеродных нетканых структур, образцы материала сканируются в цифровые изображения с высоким разрешением и затем обрабатываются в соответствии с разработанным нами алгоритмом (рис. 2). На первом этапе настраиваются параметры изображений с целью более четкого выделения линий волокон, для чего нами в программном

комплексе написан дополнительный программный блок, позволивший реализовать процесс обработки изображений автоматически при их загрузке, а после к скорректированным изображениям применяется преобразование Фурье [3].



а) б) в)

Рис. 2. Цифровые изображения образцов углеродных нетканых структур

Результатом вычислений является функция $F(\alpha_i)$, которая характеризует направленность волокон в образце и определяет вероятность того, что волокна будут расположены под углом α_i (см. рис. 1в). Сумма значений интенсивности пикселей для каждого угла α_i от 0° до 180° дает 100%-ую вероятность того, что направленность волокон в нетканой структуре материала будет определена значениями углов α_i в этом диапазоне. Это позволило вычислить процент волокон от их общего количества в образце нетканого материала, которые имеют определенную направленность в зависимости от угла α_i . В случае для каждого из анализируемых образцов нетканой структуры диапазон от 0° до 180° был разделен на 18 интервалов по 10° и был определен процент волокон в каждом интервале. Графическое представление результатов вычисления направленности волокон в структуре анализируемых образцов приведены на рис. 3 – 5 А. Дальнейший анализ результатов позволяет определить коэффициент анизотропии, средний угол и величину отклонения от среднего значения для направленности волокон

Для определения величины угла μ , являющегося средним значением в направлении волокон для исследуемых образцов нетканого материала, и величины отклонения от среднего значения σ нами использован пакет Fitting Distribution Toolbox системы MATLAB [3]. Загружая в Fitting Distribution Toolbox данные о направлении волокон, полученные в результате анализа изображений углеродных нетканых структур технического назначения, нами построены графики их нормального распределения в зависимости от угла (рис. 3 – 5 Б).

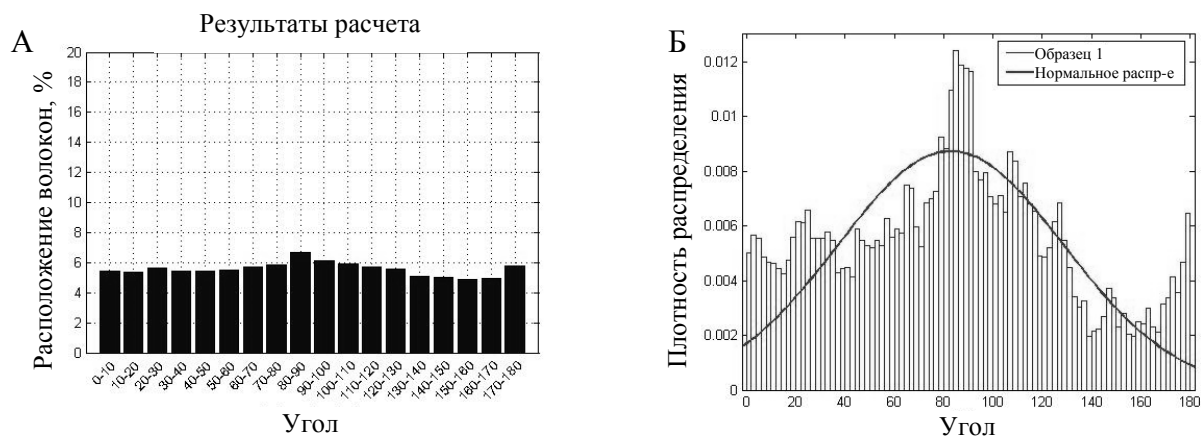


Рис. 3

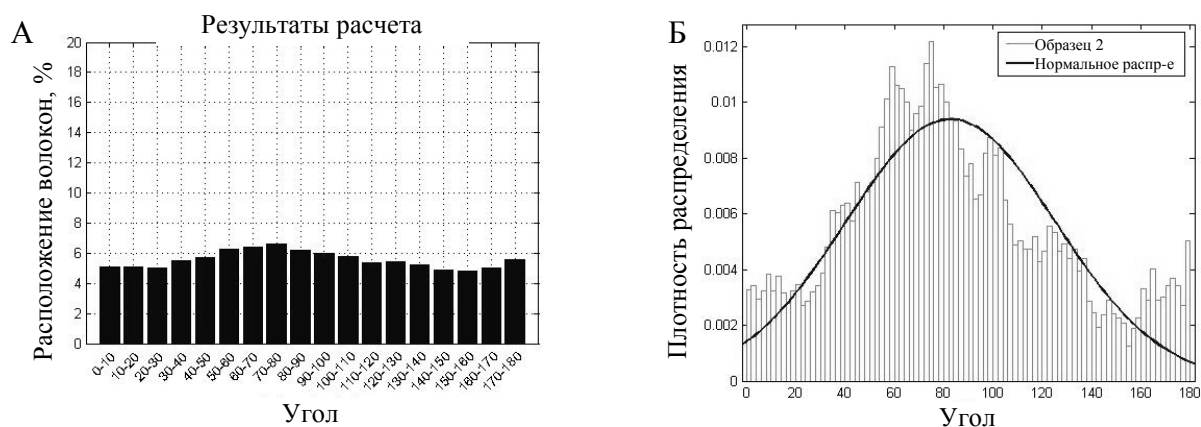


Рис. 4

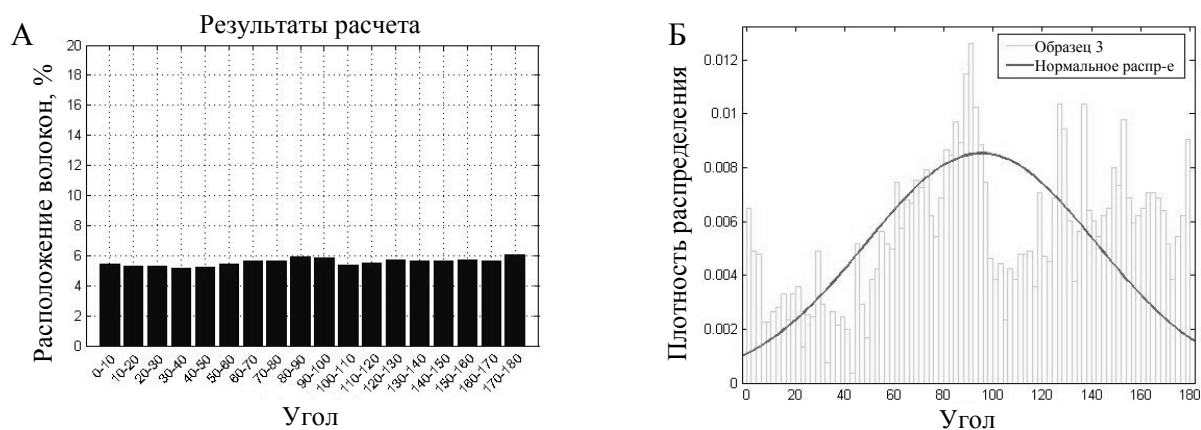


Рис. 5

Численные значения результатов анализа реальных образцов углеродных нетканых структур технического назначения приведены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты анализа образцов углеродных нетканых структур

Изображение нетканого материала	Направление волокон		Максимальное значение распределения волокон, %	Минимальное значение распределения волокон, %	Коэффициент анизотропии
	Среднее значение, град	Отклонение от среднего значения, град.			
Образец №1	82.9	45.71	6.65	4.88	1.36
Образец №2	82.81	42.46	6.63	4.78	1.39
Образец №3	95.22	46.75	6.08	5.18	1.17

Таким образом, результаты проведенного нами анализа образцов углеродных нетканых структур позволили сделать вывод об эффективности применения разработанного нами программного комплекса для определения направленности волокон в работе с неткаными структурами технического назначения, а полнота выходных данных дала возможность дальнейшего достоверного прогноза их мультиаксиальных физико-механических свойств.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ершов С.В. Определение направленности волокон в углеродных нетканых структурах средствами преобразования Фурье / С.В. Ершов, Е.Н. Калинин, Т. Тидт // Изв. Вузов. Технология текстильной промышленности. – Иваново: ИВГПУ, 2014. - №6. – С. 105 - 110.
2. Ершов С.В. Разработка программного комплекса для анализа направленности волокон в углеродных нетканых структурах / С.В. Ершов, Е.Н. Калинин // Вестник Череповецкого государственного университета. – Череповец: ЧГУ, 2015. - №1. – С. 12 - 17.
3. Ершов С.В. Анализ направленности углеродных волокон в реальных нетканых структурах технического назначения / С.В. Ершов, Е.Н. Калинин, Т. Тидт // Изв. Вузов. Технология текстильной промышленности. – Иваново: ИВГПУ, 2015. - №6.

УДК 66.047.77

СУШКА ТКАНИ ПРИ ПОНИЖЕННОМ ДАВЛЕНИИ

DRYING OF TEXTILE IN LOW AIR PRESSURE

Д.В. Чухнин
D.V. Chukhnin

Ивановский государственный политехнический университет
Ivanovo state polytechnic university
E-mail: shakane@mail.ru

Рассмотрен процесс сушки текстильных изделий. Выявлены основные недостатки конвекционной сушки. Рассмотрены виды связи ткани с влагой. Показано влияние понижения давления на скорость испарения и поведение смеси жидкости и пара в капиллярах.

Ключевые слова: Сушка ткани, пониженное давление

In this item, it examined drying fabric. It detected the main shortcomings of the convection drying. It examined types of connection fabric with moisture. We show the impact of the low pressure on the velocity of drying and on the reaction of mixture of liquid and vapor into the capillary.

Keywords: drying of textile, low pressure.

На производстве и в быту часто возникает необходимость отделения влаги от текстильных изделий. На производстве для этих целей чаще всего применяют отжимные валки. При прохождении между двумя одинаковыми валами, влага выдавливается из ткани. В бытовых условиях отжим ткани происходит в бытовых стиральных машинах методом центрифугирования. При этом, скорость вращения барабана зависит от модели конкретной машины и может составлять от 600 до 1500 оборотов в минуту. Остаточная влажность после центрифугирования составляет, в среднем, 50 процентов.

В бытовых условиях данная степень отжима не позволяет сразу складировать текстильные изделия или проводить глажку. Возникает необходимость в дальнейшей сушке. Современные стиральные машины-автоматы применяют метод конвективной сушки. В корпусе аппарата дополнительно устанавливается нагревательный элемент и вентилятор. Данная система нагнетает воздух из окружающей среды и, нагревая его, подает в бак стиральной машины.

Недостатком данного метода является высокий уровень потребления энергии. Стиральные машины с функцией сушки за один цикл работы потребляют вдвое больше электроэнергии, чем аналогичные аппараты без данной функции. Ещё одним недостатком стиральных машин с функцией сушки является малый объем одной закладки текстильных

изделий для высушивания. В современных машинах он составляет 50 процентов от максимального объема закладки машины.

Альтернативой методу конвективной сушки текстильных изделий может служить понижение давления воздуха в баке стиральной машины для интенсификации процесса сушки. Данный метод имеет ряд преимуществ. Для создания условий интенсивного испарения влаги необходимо затратить меньшее количество энергии, процесс удаления воздуха из бака более энергоэкономичен, чем процесс внутреннего пространства бака и текстильных изделий. Так же, для поддержания нужной температуры ткани при конвективной сушки требуются дополнительные затраты энергии из-за оттока тепла через стенки бака, а для поддержания в баке пониженного давления после удаления воздуха энергию затрачивать не нужно.

Согласно уравнению Максвелла скорость испарения (I) равна:

$$I = \frac{4\pi r D (P_0 - P_\infty)}{RT} \quad (1)$$

В уравнении (1) $P_0 - P_\infty$ – разность парциального давления пара над поверхности жидкости и парциального давления пара среды. Следовательно, скорость испарения будет изменяться прямо пропорционально разности давлений пара.

Текстильные изделия относятся к вкапиллярнопористым коллоидным телам. В намоченном состоянии они представляют собой заполненные влагой волокна с частичным заполнением ею межволоконных пространств. Связь влаги с тканью имеет физико-механический характер. Её можно представить в виде таблицы.

Таблица 1

Виды связей влаги в ткани

Характер данной формы связи	Связь в микрокапиллярах	Связь в макрокапиллярах	Связь смачивания
Условия образования данной формы связи с влагой	Поглощение воды из влажного воздуха либо непосредственно соприкосновением	Поглощение воды непосредственным соприкосновением в сквозных капиллярах и поглощение из воздуха в замкнутых капиллярах	Прилипание воды при непосредственном соприкосновении с поверхностью тела
Причина, обуславливающая данную связь	Капиллярное давление, обусловленное кривизной поверхности жидкости		Поверхностное натяжение, характеризуется углом смачивания менее 90 градусов
Условия нарушения связи	Давление больше, чем капиллярное, испарение		Механические способы, испарение

Как видно из таблицы, в процессе отжима из ткани удаляется влага, удерживаемая поверхностным натяжением, и часть влаги, удерживаемая капиллярным давлением. Оставшаяся влага находится преимущественно в микро- и макрокапиллярах. При понижении давления происходит интенсификация процесса испарения жидкости с поверхности, согласно формуле 1. Так же, при понижении давления среды, увеличивается поток газожидкостной смеси и жидкости по капилляру в направлении поверхности ткани. Об этом свидетельствует следующая зависимость:

$$j = \frac{8}{3} \sqrt{\frac{M}{4\pi RT}} r \frac{P_1 - P_2}{L} \quad (2)$$

В данной формуле j – плотность потока вещества, протекающего по микрокапилляру, $P_1 - P_2$ – разность давлений на концах капилляра.

Метод интенсификации процесса сушки текстильных изделий путем понижения давления среды позволяет понизить энергопотребление за счет отсутствия необходимости затрат на поддержание необходимых условий в баке стиральной машины, а также за счет использования условий среды, создание которых требует меньших затрат энергии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лыков А.В. Теория сушки / А.В. Лыков — М.: Энергия, 1968, —472С.
2. Фукс Н.А. Испарение и рост капель в газообразной среде / Н.А. Фукс — М.: из-во Академии наук СССР, 1958, —93с.
3. Равнюшкин Е.А. Баровакуумная сушка в зависимости от начальных температурных условий / Е.А. Равнюшкин, М.А. Брюханов // Вестник КрасГАУ, —2015. —№7. —С.93-98

УДК 677.057.434

О МОДЕЛИРОВАНИИ АКТИВНОЙ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ В ПРОМЫВНОЙ ВАННЕ

ABOUT SIMULATION ACTIVE HYDRODYNAMICAL SITUATION IN WASHING BATH

М.А. Берегов, Е.Н. Калинин, В.Б. Кузнецов
M.A. Beregov, E.N. Kalinin, V.B. Kuznetsov

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

Рассмотрены частные вопросы моделирования гидродинамического режима жидкости в объеме промывной ванны в составе поточных линий текстильного отделочного оборудования. Построены компьютерные модели потоков моющей жидкости в ванне с вертикальной заправкой ткани. Получены зависимости энергии турбулентности и динамического давления промывной жидкости от технологических параметров процесса промывки и конструктивных особенностей ванны, вида перекатных роликов и их геометрии.

Ключевые слова: компьютерное моделирование, численный эксперимент, турбулентность, динамическое давление жидкости, промывная ванна, перекатные ролики, технологические параметры промывки, геометрия ванны.

Are considered private matters hydrodynamic modeling of fluid regime in the volume of the washing bath as part of the production lines of textile finishing equipment. Built-com computer model of the washing liquid flows in the bath with vertical dressing fabric. Obtained for the energy-dependence of the turbulence and the dynamic pressure of the washing liquid from the washing process of technological parameters and design features of the bath, the kind of erratic rollers and their geometry.

Keywords: computer modeling, numerical simulation, turbulence, di-namic pressure of the liquid, wash tub, erratic rollers, technological flushing parameters baths geometry.

Эффективность современного красильно-отделочного оборудования во многом определяется удельными затратами материальных и энергетических ресурсов, приходящихся на выпуск единицы продукции. При этом наиболее энергоемкой является операция

промывки тканей после крашения и печатания, на долю которой в отделочном производстве приходится около 40% затрат, идущих на пар, электроэнергию и воду.

В связи с этим от разработчиков промывного технологического оборудования требуется одновременное решение вопроса ресурсосбережения и снижения техногенного давления на окружающую среду за счёт уменьшения выброса отработанных стоков после промывки ткани.

Целью работы является повышение эффективности процессов промывки текстильных полотен за счет разработки устройства, обеспечивающего активацию гидродинамической обстановки в зоне гидродинамического воздействия на поверхность движущегося полотна текстильного материала в промывной ванне.

Для достижения поставленной цели в работе решены следующие научные и технические задачи:

- реализована технология компьютерного моделирования для разработки численных 3D-моделей профилей ребристых роликов и анализа создаваемой ими гидродинамической обстановки в зоне взаимодействия промывной жидкости и полотна ткани;

- разработаны конструктивные принципы и технологические параметры интенсификации процесса промывки ткани расправленным полотном в классической промывной ванне;

- установлена достоверность результатов модельных экспериментов, осуществлена верификация разработанной модели, описывающей гидродинамическую обстановку в зависимости от профиля ребра ролика в объёме промывной ванны;

- разработана усовершенствованная конструкция промывной ванны с ребристыми роликами.

Исследованы [1] адекватные численные 3D-модели, описывающие гидродинамическую обстановку в зависимости от профиля ребра (рис.1) и позволяющие анализировать активированное состояние в зоне гидродинамического взаимодействия моющего раствора и полотна ткани в промывной ванне.

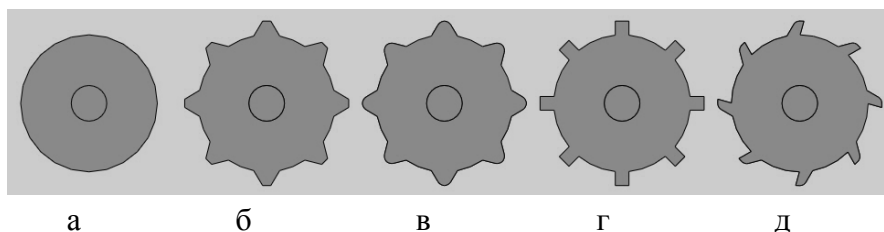


Рис. 1. Виды роликов

а – гладкий ролик; б – ролик с трапециевидным профилем ребра;
в – ролик с трапециевидным скругленным профилем ребра; г – ролик с прямоугольным ребром; д – ролик с наклонным ребром

Первоначально для исследования была выбрана температура промывного раствора, которая изменялась в диапазоне 20 – 90°C. В результате экспериментов установлено, что вокруг ребристых роликов образуются более плотные и интенсивные вихревые потоки жидкости по сравнению с гладким роликом.

Затем было оценено влияние скорости движения ткани.

На диаграмме (рис. 2) показана зависимость энергии турбулентности от температуры промывной жидкости и скорости движения ткани. Диаграмма построена по расчетным данным.

Из диаграммы видно, что с увеличением скорости движения ткани, энергия турбулентности увеличивается (при любой температуре). По этому показателю, гладкий ролик значительно уступает ребристым. Максимальное значение энергии турбулентности достигается у ролика с наклонным ребром при температуре 90°C.

Кроме этого, отмечена зависимость энергии турбулентности от температуры промывной жидкости. Энергия турбулентности возрастает с повышением температуры от 20 – 90°С.

Возрастание значений энергии турбулентности происходит стремительнее с увеличением скорости вращения роликов, чем при увеличении температуры жидкости.

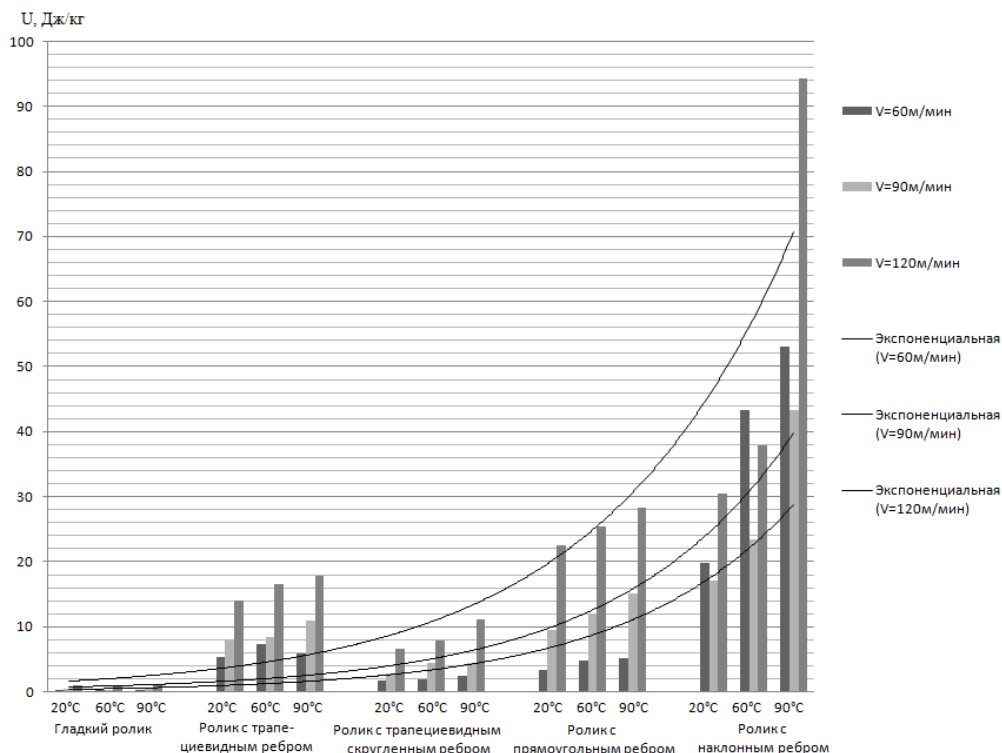


Рис. 2. Зависимость энергии турбулентности от температуры промывной жидкости при различных скоростях движения ткани

Для более наглядного сравнения роликов, была построена диаграмма, отражающая энергию турбулентности жидкости для всех типов роликов, при температуре жидкости 90°С и скорости движения ткани 120 м/мин (рис. 3). Именно при данных технологических параметрах значения энергии турбулентности у всех роликов являются максимальными.

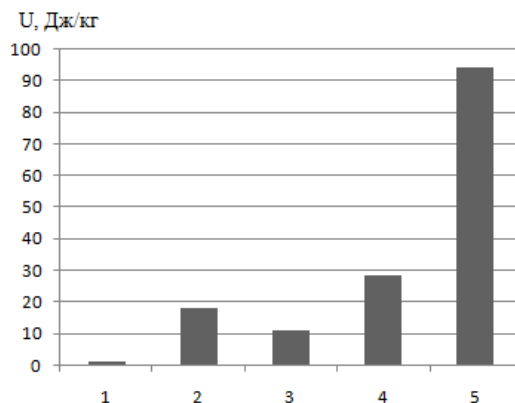


Рис. 3. Влияние профиля роликов на энергию турбулентности:
 1 – гладкий ролик; 2 – ролик с трапециевидным профилем ребра;
 3 – ролик с трапециевидным скругленным профилем ребра;
 4 – ролик с прямоугольным ребром; 5 – ролик с наклонным ребром

Из диаграммы видно, что максимальное значение энергии турбулентности достигается у ролика с наклонным ребром, а минимальное – у гладкого ролика.

Для оценки влияния высоты ребра роликов на энергию турбулентности жидкости, экспериментальные данные представлены на диаграмме (рис. 4).

Анализ этой диаграммы показывает, что даже при малой высоте ребра, профилированные ролики по энергии турбулентности значительно превосходят гладкий. С увеличением высоты ребра роликов, энергия турбулентности увеличивается. Максимальные значения энергии турбулентности у ребристых роликов достигаются при высоте ребра 10 мм (особенно у ролика с наклонным ребром).

Возрастание энергии турбулентности с увеличением высоты ребра роликов можно объяснить, сопоставив ребристый ролик с шероховатой внутренней поверхностью трубопровода. То есть, чем больше высота ребра роликов, тем пристенный слой моющей жидкости будет тоньше (особенно при большей скорости вращения ролика). Следовательно, будет больше значение критерия Re и выше энергия турбулентности.

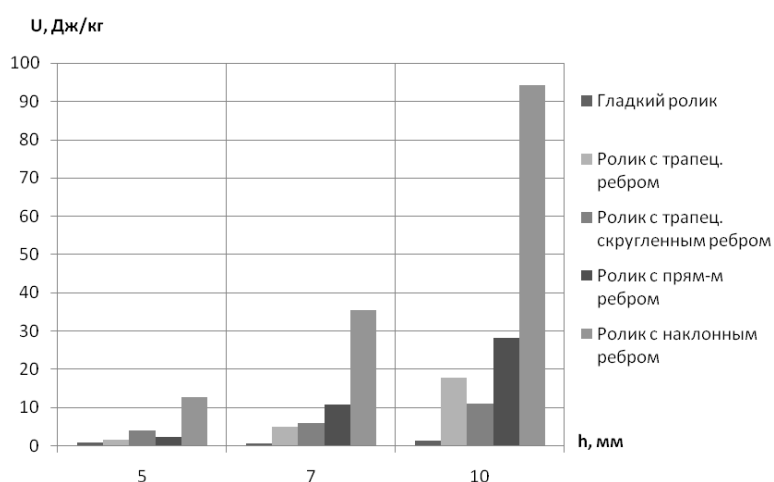


Рис. 4. Зависимость энергии турбулентности от высоты ребер роликов

При оценке влияния расстояния между роликами [2] на показатели турбулентности моющей жидкости, исследования проводились для двух ребристых роликов, расположенных горизонтально. Результаты модельных экспериментов представлены графически (рис. 5).

Анализируя полученные графики видно, что значения энергии турбулентности и динамического давления моющей жидкости достигают максимума при расстоянии между роликами 60мм. С увеличением расстояния между роликами более 60мм наблюдается резкое снижение показателей турбулентности.

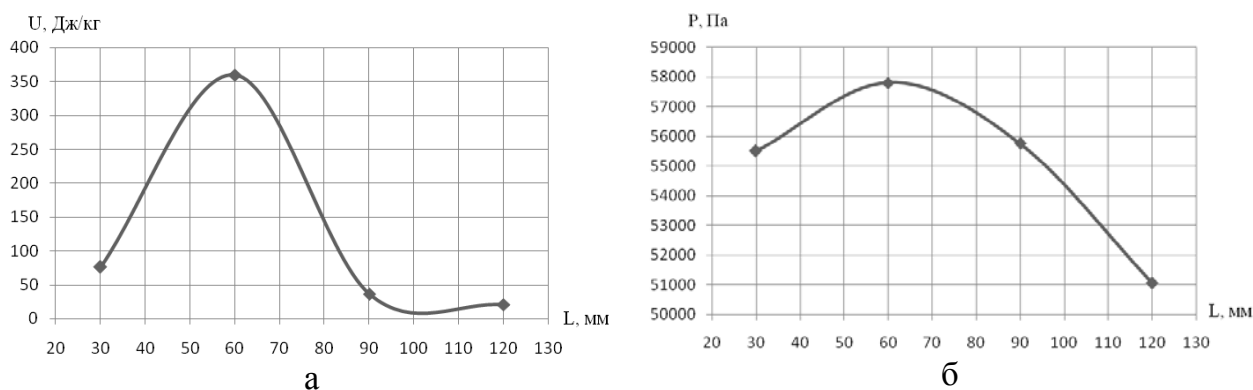


Рис. 5. Зависимость показателей турбулентности от расстояния между роликами: а – энергия турбулентности; б – динамическое давление

На рис.6 отражена зависимость энергии турбулентности от различного расположения роликов [3]. Данный эксперимент проводился для трех ребристых роликов. Расстояние между роликами в горизонтальной плоскости составляло 60мм. В вертикальной плоскости положение среднего ролика изменялось относительно остальных в диапазоне от 0 – 120мм.

Максимальное значение энергии турбулентности достигается в том случае, когда все ролики находятся в одной плоскости. Когда средний ролик находится на 60мм выше относительно других, энергия турбулентности минимальна.

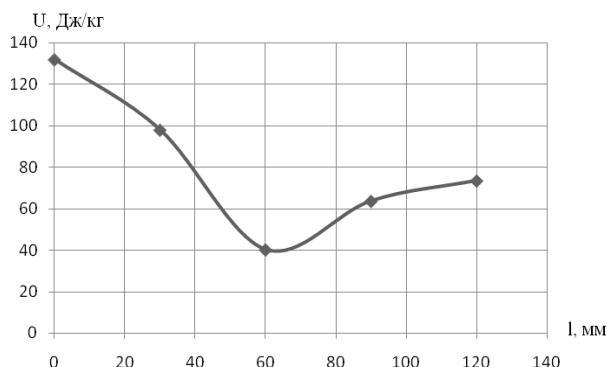


Рис.6. Зависимость энергии турбулентности от различного расположения роликов

В результате проведенных исследований сделан научно обоснованный выбор типа ребристого ролика.

Для установления достоверности результатов модельных экспериментов осуществлена верификация модели системы с помощью графического интерфейса System Identification Toolbox системы MatLab.

Установлено, что данные, полученные с параметрической модели ARX 5514 (модель, построенная по данным расчета программы FloWorks), соответствуют рассчитанным данным на 60,6 %. При этом модель, построенная по теоретическим расчетным данным, соответствует на 99,98 %, что свидетельствует о достоверности выбранного метода верификации. Таким образом, результаты модельных экспериментов можно считать достоверными.

На основе полученных результатов разработана конструкция промывной ванны с вертикальной заправкой ткани, содержащая ролики с восьмью ребрами трапециевидной формы, позволяющими не только транспортировать ткань, но и создавать турбулентные потоки вблизи полотна ткани, интенсифицируя процесс промывки.

Разработанное техническое решение защищено патентом РФ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Берегов М.А., Кузнецов В.Б. Исследование методом компьютерного моделирования гидродинамики жидкостных потоков в промывной ванне. Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012. - №1 (337). – с. 141 – 144.
2. Берегов М.А., Кузнецов В.Б., Калинин Е.Н. Оценка влияния геометрических характеристик и пространственных факторов ребристых роликов на показатели турбулентности промывной жидкости. Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012. - №5 (341). – с. 150 – 153.
3. Берегов М.А., Кузнецов В.Б., Калинин Е.Н. Анализ влияния профиля ребристых роликов и пространственных факторов на турбулентность жидкости в промывной ванне / М.А. Берегов, В.Б. Кузнецов, Е.Н. Калинин // Вестник Череповецкого Государственного Университета. – 2015. - №2 (63). - с. 5 – 9.

СПОСОБЫ СТАБИЛИЗАЦИИ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ И РЕОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЛЕЧЕБНЫХ ДЕПО-МАТЕРИАЛОВ «КОЛЕГЕЛЬ»

METHODS OF STABILIZATION OF MICROBIOLOGICAL AND REOLOGICAL INDEXES OF MEDICAL DEPOT-MATERIALS «COLEGEL»

Т.С. Быркина¹, Н.Д. Олтаржевская², А.В. Колаева¹
T.S. Byrkina¹, N.D. Oltazhevskaya², A.V. Kolaeva¹

Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского
ООО «Колетекс» (Москва)
Moscow State University of Technologies and Management named after K.G. Rasumovski
LLC «Coletex» (Moscow)
E-mail: koletex@list.ru

В статье рассматриваются методические подходы к стабилизации лечебной гидрогелевой композиции на основе альгината натрия с инкорпорированными в ней лекарственными препаратами с позиции как микробиологических характеристик данного лечебного депо-материала, так и реологических свойств. Рассмотрено влияние γ -стерилизации лечебных гидрогелей на реологические свойства. Намечены пути для увеличения срока хранения гидрогелевых лечебных материалов.

Ключевые слова: депо-материалы, альгинат натрия, увеличение срока годности, гидрогель, поливиниловый спирт, консервирующая добавка, стерильность, сорбат калия.

This article describes methodological approaches to stabilization of hydrogel alginate-based composition with impregnate drug substance from the position of microbiological characteristics of the medical depot-material, rheological properties. Represented data describes an impact of hydrogel gamma-sterilization on rheological properties. In addition there were disclosed potential ways to increase storage time of hydrogel medical materials.

Key words: depot-materials, sodium alginate, storage time increase, hydrogel, polyvinyl alcohol, conserving agent, sterility, potassium sorbate.

В настоящее время в медицине широкое применение нашли лечебные депо-материалы на текстильной и полимерной основе с иммобилизованными лекарственными препаратами. Достоинствами таких материалов являются пролонгированное действие и направленная доставка действующего вещества. Разработанный в ООО «Колетекс» уникальный способ получения лечебных депо-материалов, в основу которого положена технология текстильной печати, используется при создании изделий медицинского назначения.

Согласно ему вязкие композиции на основе различных биополимеров (альгинат натрия, гиалуроновая кислота, сукцинат хитозана), которые играют роль загустителей по аналогии с печатной краской, с инкорпорированными в них лекарственными препаратами, наносятся на текстиль и таким образом получают медицинские изделия в виде салфеток с полимерным депо-слоем, который в результате неограниченного набухания в раневой среде и биодegradации пролонгировано обеспечивает поступление лекарственного вещества к очагу поражения (рана, слизистая оболочка). Необходимо отметить, что лечебные материалы в виде салфеток не всегда возможно применить, например, когда очаг поражения находится глубоко в полости (опухоль). В таком случае в качестве лечебного депо-материала используется непосредственно гидрогелевая композиция на основе биополимеров с включенными в нее лекарственными веществами. Такие материалы выпускаются под маркой «Колегель», в качестве биополимерной основы используется полисахарид альгинат натрия, обладающий собственной биологической активностью [1].

Технология получения данных лечебных композиций основывается на приготовлении раствора лекарственных веществ заданной концентрации в дистиллированной воде с последующим введением в него альгината натрия. Полученный альгинатный гидрогель с включенными в него лекарственными веществами проходит стадию расфасовки в первичную упаковку, а затем подвергается обязательной финишной стерилизации, так как изделия медицинского назначения должны отвечать требованиям стерильности. Стерилизация осуществляется посредством γ -облучения, поскольку термическая стерилизация не подходит для гидрогелей на основе альгината натрия ввиду их неустойчивости к воздействию температуры. На основании проведенных ранее исследований по выбору стерилизующей дозы установлено, что оптимальной является доза γ -облучения 6 КГр. При большей стерилизующей дозе происходит существенная деструкция альгинатного гидрогеля, так как образующиеся в течение стерилизации из-за радиолитического распада свободные радикалы разрушают гликозидные цепи, за счет чего вязкость композиции резко снижается [2].

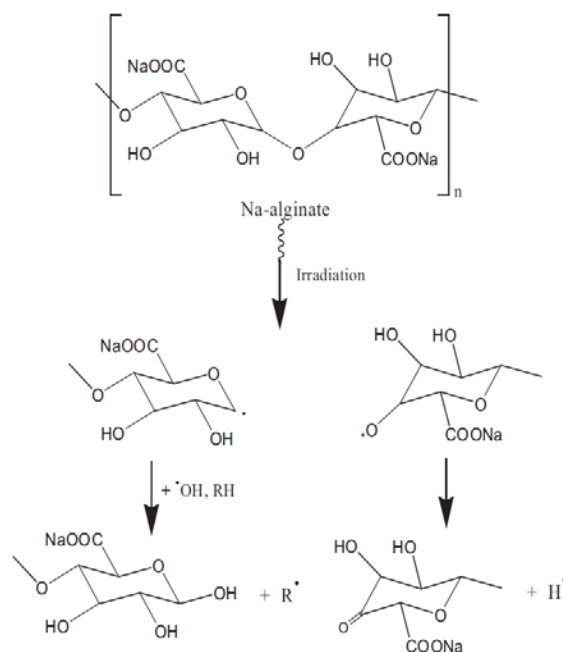


Рис.1. Деструкция основной цепи альгината натрия при его облучении в водном растворе [2]

В этой связи нам необходимо подобрать такие условия стерилизации, которые при минимальной радиационной обработке (6 КГр) смогут обеспечить стабильность и стерильность лечебной композиции на основе альгината натрия в течение принятого для подобных изделий срока - 2 лет.

В реальных производственных условиях стадия финишной стерилизации может быть отсрочена в течение 3 суток, при этом расфасованная продукция хранится в специальных холодильниках при температуре 4°C. Такой момент является технологической особенностью производственного цикла, поскольку финишная радиационная стерилизация осуществляется специализированной сторонней организацией, однако в этих условиях может возрасти микробная обсемененность композиции.

Исходя из перечисленных факторов можно сделать вывод, что главной критической точкой производства является инициальная микробная обсемененность лечебной гидрогелевой композиции (т.е. до стадии финишной стерилизации), и поскольку возможная стерилизующая доза строго ограничена (6 КГр) ввиду снижения вязкости гидрогелевого материала при большей дозе стерилизации, то главные методические подходы к сохранению стерильности альгинатной гидрогелевой композиции и стабильности при

данной стерилизующей дозе в течение всего срока хранения (2 года) должны в первую очередь обеспечивать снижение инициальной обсемененности гидрогелевой композиции.

Пути снижения общей микробной обсемененности альгинатной композиции до момента стерилизации могут быть различны.

Нами изучалась возможность радиационной обработки альгината натрия до приготовления гидрогелевой композиции с целью снижения его обсемененности, т.к. данный полисахарид интенсивно обсеменяется различными микроорганизмами в процессе хранения, что отрицательным образом сказывается на общей микробной обсемененности альгинатной гидрогелевой композиции до финишной стерилизации.

Предварительная радиационная обработка альгината натрия дозой 6 КГр снизила его общую микробную обсемененность с $3,0 \cdot 10^3$ до $2,6 \cdot 10^2$ КОЕ/г. Также нами оценивалась вязкость композиций, полученных из обработанного альгината натрия в сравнении с композициями на основе необработанного радиационным облучением альгината натрия до и после финишной стерилизации. Полученные данные представлены на рис. 2.

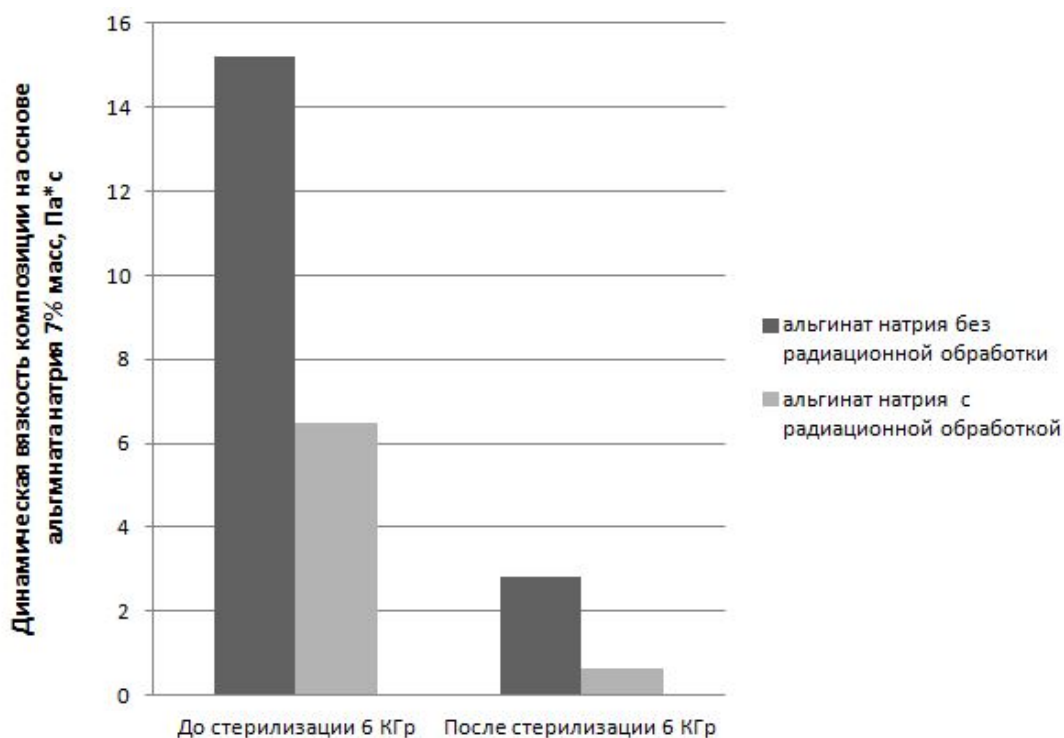


Рис.2. Влияние радиационной обработки альгината натрия на вязкость гидрогелевой композиции, приготовленной на его основе

Как показали исследования, предварительная обработка альгината натрия γ -облучением дозой 6 КГр позволяет снизить его микробную контаминацию. Однако снижение вязкости гидрогелевой композиции на основе обработанного альгината натрия не позволяет использовать предварительную радиационную обработку хранившегося на складе предприятия сырья для снижения его вторичной микробной обсемененности.

В ранее проведенных нами исследованиях по подбору полимерного состава лечебной гидрогелевой композиции с целью стабилизации ее реологических характеристик после финишной радиационной стерилизации рассматривались также другие полимеры: поли-N-винилпирролидон (ПВП), карбоксиметилцеллюлоза (КМЦ). Было важно оценить изменение вязкости полимерных композиций на их основе (7% масс.) в течение 3 дней до стерилизации, обращая внимание на особенности технологического цикла, а также после стерилизации по сравнению с альгинатным гидрогелем. Данные отражает рис. 3, который показывает, что композиции на основе ПВП и КМЦ с концентрацией полимеров 7% масс. имеют меньшую вязкость и резко снижают ее в течение хранения до финишной радиационной стерилизации

и после нее по сравнению с гидрогелевой композицией на основе альгината натрия 7% масс. Поэтому нами был сделан вывод о нецелесообразности применения ПВП и КМЦ в качестве стабилизаторов вязкости альгинатной гидрогелевой композиции, кроме того альгинат натрия за счет своих лечебных свойств (регенерационных, гемостатических) имеет несомненные преимущества.

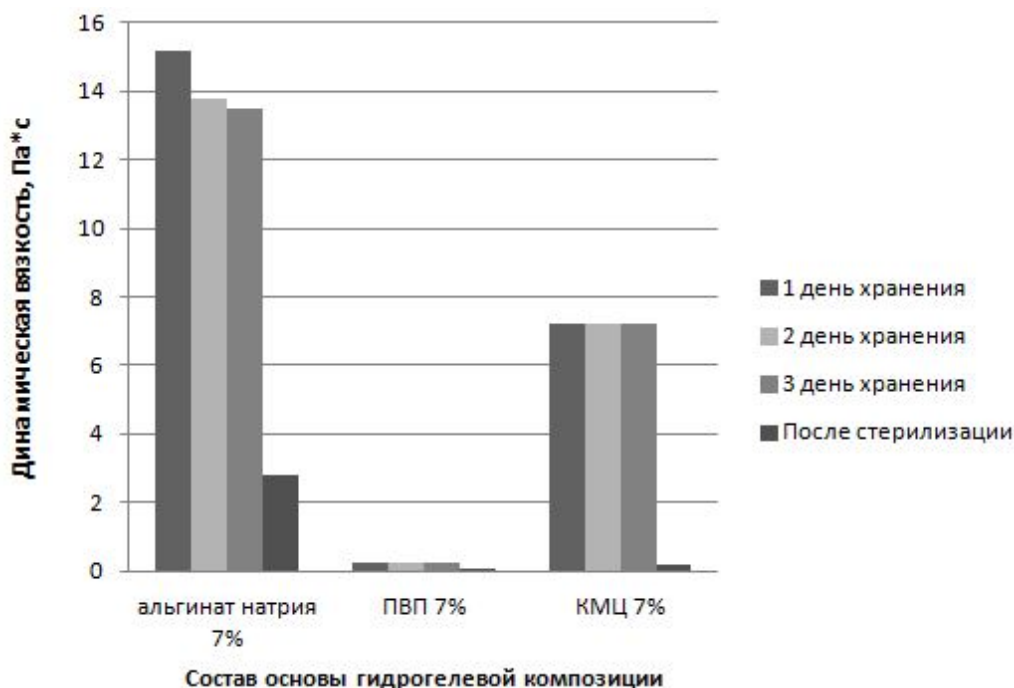


Рис.3. Изменение вязкости композиций на основе альгината натрия, поли-N-винилпирролидона и карбоксиметилцеллюлозы в течение 3 дней хранения до радиационной стерилизации и после

Нами рассматривалось применение ультразвуковой обработки для снижения обсемененности [3-5], изучались варианты введения глицерина и других многоатомных спиртов [6], но эти способы не смогли обеспечить желаемый результат.

В настоящей работе для обеспечения необходимых микробиологических характеристик гидрогелевой композиции на основе альгината натрия до стадии стерилизации, а также для достижения ее стабильности в течение всего дальнейшего срока хранения с позиции стерильности и динамической вязкости предполагалось использовать дополнительное введение в композицию синтетического полимера и консервирующих добавок.

Материалы и методы исследования.

Объект исследования – гидрогелевая композиция «Колегель» на основе альгината натрия с лекарственными веществами диоксидином и лидокаином. В качестве дополнительной полимерной добавки к альгинатной гидрогелевой композиции использовался поливиниловый спирт (ПВС) Mowiol 6-98 и Mowiol 28.99 с молекулярной массой 45.000 и 145.000 соответственно. Данный синтетический полимер широко используется в современных перевязочных материалах и раневых покрытиях ввиду его хорошей биосовместимости [7,8], однако недостаточная биodeградируемость ограничивает его концентрацию в лечебной композиции.

Были приготовлены образцы композиций с различным содержанием ПВС: 10%,20%,30% от общего содержания основного полимера - альгината натрия. Составы гидрогелевых композиций приведены в табл. 1.

Состав гидрогелевых композиций

Компоненты композиции	Содержание компонента в % мас. в композиции						
	1	2	3	4	5	6	7
Альгинат натрия	7,0	6,3	5,6	4,9	6,3	5,6	4,9
Диоксидин	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Лидокаин	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
ПВС 45.000	-	0,7	1,4	2,1	-	-	-
ПВС 145.000	-	-	-	-	0,7	1,4	2,1
Вода дистиллированная	90,1	90,1	90,1	90,1	90,1	90,1	90,1

Радиационная стерилизация гидрогелевых материалов осуществлялась γ -облучением дозой 6 КГр, в качестве источника облучения использовалась гамма-установка ГУ-200М.

Основной технологической характеристикой лечебной альгинатной гидрогелевой композиции является ее динамическая вязкость, которая влияет на десорбцию лекарственного вещества из полимерной основы в концентрации, предусмотренной медицинскими показаниями. Поскольку вязкость композиции и, соответственно, скорость высвобождения лекарственных веществ изменяются ввиду деструкции полимерной основы при γ -облучении, вязкость является важным объектом изучения.

Таким образом, оптимальное содержание ПВС в альгинатной гидрогелевой композиции определялось по двум критериям: вязкость гидрогелевых композиций до и после радиационной стерилизации, а также общая микробная обсемененность гидрогелевой композиции на 3 сутки после приготовления.

Для оценки реологических характеристик использовался программируемый вискозиметр RVDV-II+Pro компании Брукфилд (Brookfield).

Общая микробная обсемененность определялась в соответствии с указаниями ГФ XII [9]. Использовали питательную среду №1 (L-агар) – для выращивания бактериальной микрофлоры, питательную среду №2 (агар Сабуро) – для определения грибной микрофлоры. В чашку Петри с подсушенной средой вносят точно измеренный объем (0.1 мл) соответствующего разведения и распределяют его по поверхности среды стерильным стеклянным шпателем, после посева чашки с засеянными средами переворачивали вверх дном, помещали в термостат и инкубировали при температуре $(32,5 \pm 2,5)^\circ\text{C}$ и $(22,5 \pm 2,5)^\circ\text{C}$ для бактерий и грибов соответственно 5 суток.

Количество микроорганизмов в 1 г исследуемого образца определяли по следующей формуле:

$$M = \frac{a}{V} \cdot 10^n, \quad (1)$$

M – количество клеток микроорганизмов в 1 г исследуемого образца;

a – среднее число колоний, выросших после посева из данного разведения;

V – объем суспензии, взятый для посева, мл;

10^n – коэффициент разведения.

В качестве консервирующих добавок для альгинатной гидрогелевой композиции были выбраны бензойная кислота (х.ч.), сорбат калия (CAS №24634-61-5) и мицеллярные формы консервантов, выпускаемых ЗАО «АКВАНОВА РУС»: DS 4 (4% сорбиновая кислота), DS 12 (12% бензойная кислота), DS 44 (4% сорбиновая кислота и 4% бензойная кислота). Данные консерванты были выбраны исходя из их токсикологической безопасности (перечисленные концентрации бензойной кислоты, сорбиновой кислоты и сорбата калия являются безвредными для организма человека) [10], а также их ценовых характеристик.

Образцы альгинатных гидрогелевых композиций проверялись на стерильность в соответствии с указаниями фармакопейной статьи [11]: асептически отбирали пробы, которые растворяли в соответствующих жидких питательных средах: тиогликолевая среда – для выращивания бактериальной микрофлоры, жидкая питательная среда №2 (бульон Сабуро) – для определения грибной микрофлоры. Посевы инкубировали в течение 14 суток при температуре $(32,5 \pm 2,5)^\circ\text{C}$ и $(22,5 \pm 2,5)^\circ\text{C}$ для бактерий и грибов соответственно. После инкубирования проб данных образцов проводился визуальный контроль и микроскопические исследования.

Результаты и их обсуждение.

Результаты, полученные после исходной оценки общей микробной обсемененности альгината натрия и ПВС различной молекулярной массы, представлены в табл. 2.

Таблица 2

Исходная общая микробная обсемененность альгината натрия и поливинилового спирта

Образец	Общая микробная обсемененность, КОЕ/г
Альгинат натрия	$3,0 \cdot 10^3$ КОЕ/г
ПВС 45.000	$<1,0 \cdot 10^1$ КОЕ/г (роста нет)
ПВС 145.000	$<1,0 \cdot 10^1$ КОЕ/г (роста нет)

По окончании инкубации посевов выросшие колонии были описаны (количество колоний на чашке Петри, размер, вид).

Общий вид колоний бактерий и грибов, обнаруженных в альгинате натрия, представлен на рис. 4 (а,б).

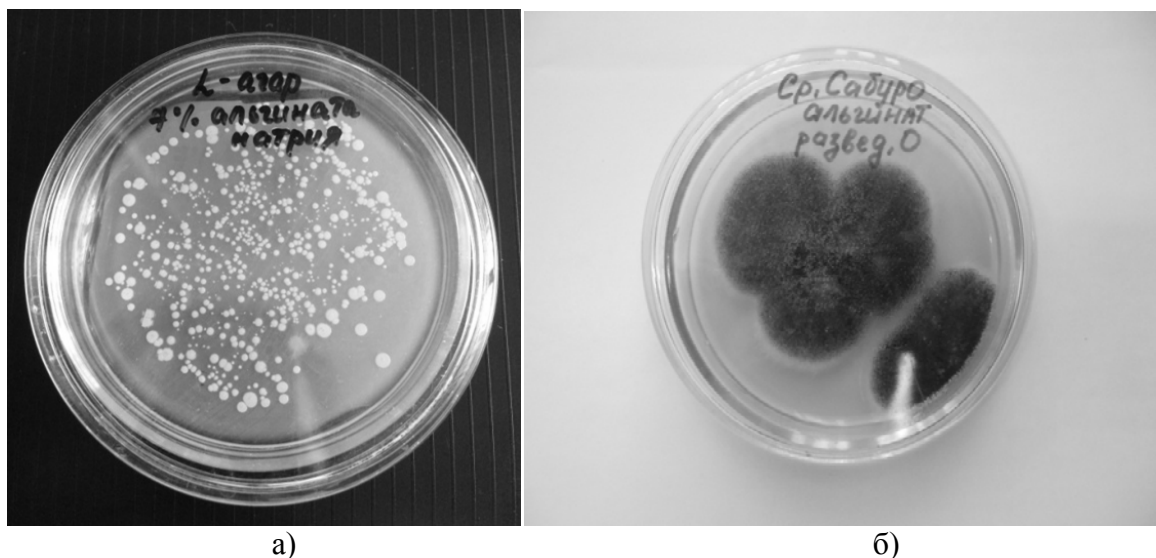


Рис. 4. Морфологическое разнообразие бактерий (а) и грибов (б), выросших при высевах проб образцов сырья (альгината натрия)

Исходя из полученных данных можно предположить, что введение ПВС в альгинатную гидрогелевую композицию позволит снизить микробную обсемененность получаемой композиции. Это важно в связи с тем, что основной целью при достижении стабильности альгинатной гидрогелевой композиции в течение всего срока хранения является снижение ее инициальной обсемененности (до стадии финишной стерилизации), поскольку в таком случае возможно использовать низкую стерилизующую дозу, тем самым предотвращая деструкцию полимерной композиции и, как следствие, ухудшение качества выпускаемой продукции.

С учетом особенности производственного цикла количество микроорганизмов определялось в композициях, хранившихся 3 суток при температуре 4°C до стадии радиационной стерилизации. Результаты эксперимента приведены в табл.3.

Таблица 3

Общая микробная обсемененность альгинатных гидрогелевых композиций с различным содержанием поливинилового спирта

№ композиции	Общая микробная обсемененность, КОЕ/г
1	$3,0 \cdot 10^2$ КОЕ/г
2	$<1,0 \cdot 10^1$ КОЕ/г
3	$1,0 \cdot 10^2$ КОЕ/г
4	$8,0 \cdot 10^2$ КОЕ/г
5	$<1,0 \cdot 10^1$ КОЕ/г
6	$1,1 \cdot 10^3$ КОЕ/г
7	$7,0 \cdot 10^2$ КОЕ/г

Данные табл. 3 показывают, что введение в композицию синтетического полимера ПВС с меньшей микробной обсемененностью по сравнению с альгинатом натрия в количестве 0,7% может понизить общую микробную обсемененность композиции до финишной стерилизации.

По итогам оценки вязкости нестерильных альгинатных гидрогелевых композиций с различным содержанием ПВС с молекулярной массой 45 000 и 145 000 (табл.1) была построена зависимость динамической вязкости гидрогелевых композиций от содержания ПВС (рис.5).

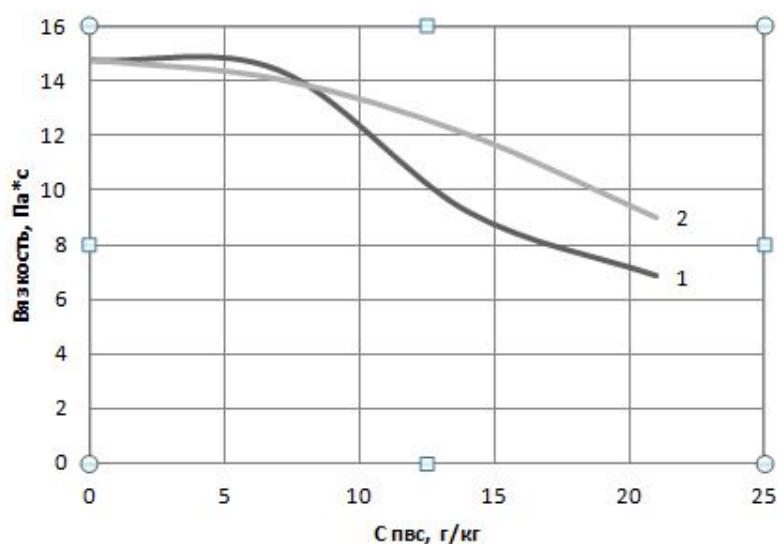


Рис.5. Зависимость динамической вязкости нестерильных альгинатных гидрогелевых композиций от содержания ПВС с различной молекулярной массой (1 – ПВС 45.000, 2 – ПВС 145.000)

Как видно из рис. 5, введение в композицию как высокомолекулярного ПВС, так и низкомолекулярного в концентрации, не превышающей 10% масс., несущественно влияет на ее вязкость, однако при дальнейшем увеличении концентрации вязкость композиции в большей степени зависит от молекулярной массы ПВС. Таким образом, оптимальной является концентрация ПВС в количестве 7 г/кг (10% от содержания альгината натрия).

Поскольку область применения в медицинской практике и способ введения лечебных гидрогелевых материалов на основе альгината натрия обуславливают их вязкость, нами

была изучено реологическое поведение альгинатных гидрогелевых композиций с различным содержанием ПВС при разных сдвиговых напряжениях. Данные иллюстрируют кривые течения (рис.6).

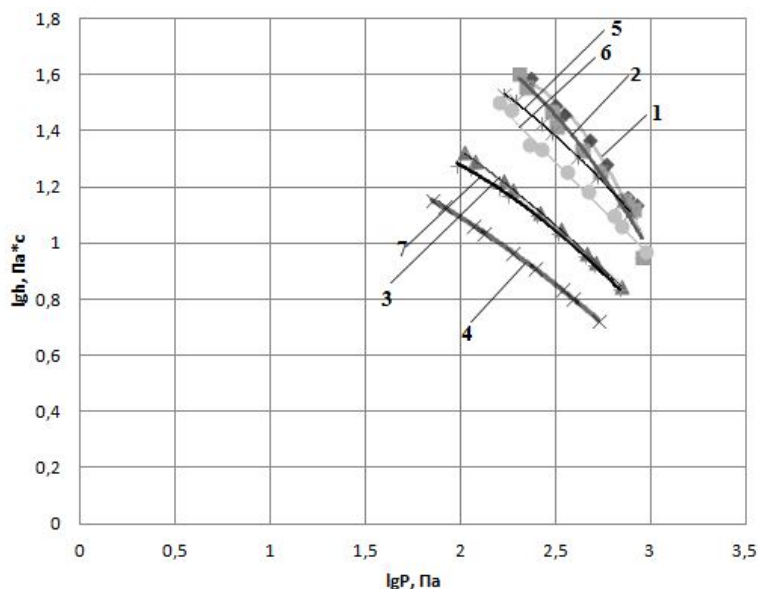


Рис.6. Кривые течения гидрогелевых композиций с различным содержанием ПВС 45.000 и 145.000 до радиационной стерилизации (1-7% альгината натрия; 2- 0,7% ПВС 45.000, 6,3% альгината натрия; 3 -1,4% ПВС 45.000, 5,6% альгината натрия, 4 - 2,1% ПВС 45.000, 4,9% альгината натрия; 5- 0,7% ПВС 145.000, 6,3% альгината натрия; 6-1,4% ПВС 145.000, 5,6% альгината натрия,7- 2,1% ПВС 145.000, 4,9% альгината натрия)

Кривые течения также подтверждают, что оптимальной концентрацией ПВС в композиции на основе альгината натрия является 0,7% масс., при этом реологическое поведение таких композиций (поз.2,5 на рис.6) незначительным образом отличается от реологического поведения композиции, содержащий только альгинат натрия (поз.1 на рис.6).

На рис. 7 показано изменение вязкости альгинатных гидрогелевых композиций с различным содержанием ПВС 45.000 и 145.000 после финишной γ -стерилизации.

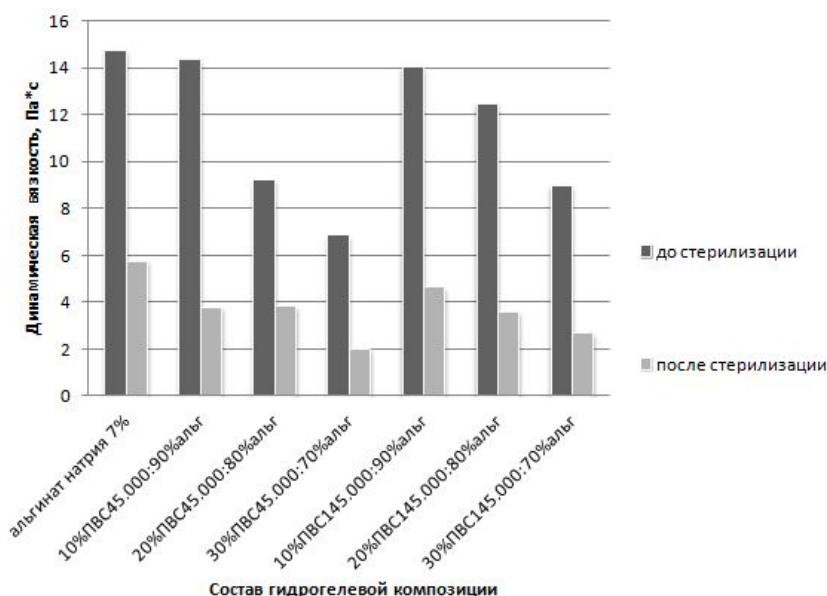


Рис.7. Изменение вязкости гидрогелевых композиций различного состава после радиационной стерилизации

Из рис. 7 видно, что вязкость всех композиций снижается после γ -стерилизации в дозе 6 КГр, вязкость композиции №5, содержащей 0,7% ПВС (10% от общего содержания альгината натрия) с молекулярной массой 145.000 после стерилизации снизилась в меньшей степени по сравнению с остальными композициями.

В качестве другого способа обеспечения стабильности альгинатной гидрогелевой композиции, как до стадии финишной стерилизации, так и на протяжении всего срока хранения, мы использовали введение в композицию консервантов. Нами было изучено влияние консервирующих добавок, в качестве которых применяли органические кислоты и их соли в различных формах и соотношениях, на стерильность композиции и на стабилизацию вязкости после финишной стерилизации альгинатной композиции.

На первом этапе подбора консерванта, проводили испытание на стерильность образцов гидрогелевых композиций с добавлением мицеллярных форм сорбиновой, бензойной кислоты, их смеси, а также сорбата калия после радиационной стерилизации (6КГр). Результаты испытания приведены в табл. 4.

Таблица 4

Влияние консервантов на стерильность альгинатного гидрогеля

№	Используемый консервант	Результат испытания («+» - стерильно; «-» - нестерильно)
1	DS44	-
2	DS12	-
3	DS4	-
4	Сорбат калия	+

По окончании инкубирования в посевах проб 1-3 наблюдался рост микрофлоры (видимое помутнение питательных сред); после микроскопических исследований в пробах данных образцов была обнаружена бактериальная микрофлора, представленная палочками, полиморфными по размеру и форме.

Питательная среда пробы исследуемого образца №4 по окончании инкубации осталась прозрачной, при микроскопировании данной пробы не было обнаружено ни грибной, ни бактериальной микрофлоры.

Таким образом, образцы гидрогелевых композиций на основе альгината натрия с добавлением консервирующих добавок DS44, DS12, DS4 не отвечают требованиям испытаний на стерильность, а образец альгинатной гидрогелевой композиции с добавлением 0,25% сорбата калия соответствует требованиям испытаний на стерильность.

Для повышения эффективности консервантов используют их смеси. Нами также была проведена оценка действия в качестве консерванта смеси бензойной кислоты и сорбата калия в различных соотношениях и отдельно, для этого определяли обсемененность гидрогелевой композиции с добавлением консерванта через 3 суток после приготовления до финишной радиационной стерилизации и испытывали эти образцы на стерильность после финишной стерилизации. Полученные данные представлены в таблице 5.

Таблица 5

Влияние консервантов на общую микробную обсемененность альгинатного гидрогеля до финишной стерилизации и на его стерильность после финишной стерилизации

№ обр.	Консервант, его концентрация	Общая микробная обсемененность, N, КОЕ/г до γ -стерилизации	Стерильность композиции после γ -стерилизации («+» -стерильно; «-» - нестерил.)
1	сорбат калия 0,25%	$1,0 \cdot 10^3$	+
2	сорбат калия 0,2%	$3,30 \cdot 10^3$	-
3	сорбат калия 0,15%	$6,50 \cdot 10^3$	-
4	бензойная кислота 0,15%	$5,74 \cdot 10^3$	-
5	бензойная кислота 0,2%	$3,18 \cdot 10^3$	-
6	бензойная кислота 0,25%	$1,95 \cdot 10^3$	-
7	сорбат калия 0,15% + бензойная кислота 0,1%	$2,96 \cdot 10^3$	-
8	сорбат калия 0,15%+ бензойная кислота 0,15%	$2,03 \cdot 10^3$	+
9	сорбат калия 0,1%+ бензойная кислота 0,15%	$7,39 \cdot 10^3$	-

По итогам эксперимента можно сказать, что из рассмотренных консервантов стерильность альгинатной гидрогелевой композиции обеспечивает добавка 0,25% масс. сорбата калия (№1) и смесь 0,15% сорбата калия и бензойной кислоты (№2).

Определялось влияние введения консервантов - 0,25% масс. сорбата калия и смесь 0,15% сорбата калия и бензойной кислоты, подобранных нами исходя из микробиологических показателей, - на вязкость гидрогелевых композиций на основе альгината натрия после γ -стерилизации дозой 6 КГр. Поскольку, как указывалось выше, область применения лечебной гидрогелевой композиции (урология, проктология) и способ введения (шприц, шпатель и т.д.) определяют требования к ее вязкости, то оценивали вязкость при разных скоростях сдвига (от 5 до 20 с^{-1}). Результаты приведены в табл. 6.

Таблица 6

Динамическая вязкость гидрогелевых композиций на основе альгината натрия с различными консервирующими добавками

№ обр.	Консервант	Динамическая вязкость, η , Па · с		
		$\dot{\gamma} = 5 \text{ с}^{-1}$	$\dot{\gamma} = 10 \text{ с}^{-1}$	$\dot{\gamma} = 20 \text{ с}^{-1}$
1	сорбат калия	6,6	4,8	3,70
2	сорбат калия 0,15%+ бензойная кислота 0,15%	6,6	4,8	3,55
3 альгинат 7%	-	6,0	4,3	3,1

Из табл. 6 видно, что введение сорбата калия, смеси сорбата калия и бензойной кислоты стабилизируют вязкость альгинатного гидрогеля после стерилизации.

Токсикологические испытания и испытания на стерильность, проведенные на базе ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский и испытательный институт медицинской техники», подтвердили возможность применения сорбата калия в концентрации 0,25% масс. для сохранения стерильности лечебной гидрогелевой композиции на основе альгината натрия в течение 2 лет.

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Показано, что добавка ПВС в оптимальной концентрации 0,7% масс. позволяет снизить микробную обсемененность альгинатной гидрогелевой композиции до финишной стерилизации, однако не способствует стабилизации ее реологических характеристик на протяжении всего срока хранения.

2. Консервирующая добавка сорбата калия в концентрации 0,25% масс. поддерживает вязкость лечебной композиции после финишной стерилизации на необходимом уровне, а также сохраняет ее стерильность в течение 2 лет.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Олтаржевская Н.Д., Бойко А.В., Кoryтова Л.И. Направленная доставка лекарственных препаратов при лечении онкологических больных. – М.: МК, 2013. – 34- 36 с.
2. Хауг А. Методы химии углеводов (пер. с англ.). – М.: Мир, 1999. – 317–321 с.
3. Разработка способов обеспечения необходимых микробиологических характеристик лечебного гидрогелевого материала «Колегель» / Т.С. Быркина, Н.Д. Олтаржевская, А.В. Колаева //Иновационные технологии развития текстильной и легкой промышленности: сборник тезисов докладов Международной научно-технической конференции. – М.:Экон-Информ, 2014. с.174
4. Попова Н.В, Фатеева С.А. Изучение влияния ультразвукового воздействия на показатели качества воды // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии . 2014. №1. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/izuchenie-vliyaniya-ultrazvukovogo-vozdeystviya-na-pokazateli-kachestva-vody> (дата обращения: 05.04.2016).
5. Изучение возможности повышения эффективности процесса стерилизации материалов для направленной доставки лекарственных препаратов / А.В. Колаева, Н.Д. Олтаржевская, М.А. Коровина // Кинетика и механизм кристаллизации. Кристаллизация как форма самоорганизации вещества: сборников тезисов докладов VIII Международной конференции. – Иваново: ИХР РАН, 2014. с. 270.
6. Валуева М.И. Технология получения текстильных и гидрогелевых депо-материалов с радиопротекторными свойствами: дис. канд. техн. наук.-Иваново, 2014.- с.137-138
7. Шляхто Е. В. Иновационные нанотехнологии в медицине и биологии // Иновации . 2008. №6. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/innovatsionnye-nanotehnologii-v-meditsine-i-biologii> (дата обращения: 04.04.2016).
8. Винник Ю.С., Маркелова Н. М., Тюрюмин В.С. Современные методы лечения гнойных ран // Сибирское медицинское обозрение . 2013. №1. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/sovremennyye-metody-lecheniya-gnoynyh-ran> (дата обращения: 04.04.2016).
9. ОФС 42-0067-07 «Микробиологическая чистота»
10. Беликов О.Е., Пучкова Т.В. Консерванты в косметике и средствах гигиены. М.: «Кафедра» , 2003. - с.245
11. ОФС 42-066-07 «Стерильность»

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ФЛЮОРОКАРБОНА В ТКАНЯХ ИЗ СИНТЕТИЧЕСКИХ ВОЛОКОН

APPLICATION PROSPECTS OF FLUOROCARBON IN FABRICS OF SYNTHETIC FIBRES

И.Н. Гоглев, В.Е. Румянцева, О.Г. Циркина
I.N. Goglev, V.E. Roumyantceva, O.G. Tsirkina

Ивановский государственный политехнический университет
Ivanovo State Polytechnical University
E-mail: azidplumbum00@mail.ru, varrym@gmail.com, ogtsirkina@mail.ru

Рассмотрены перспективы применения фторопласта флюорокарбона в производстве тканей из синтетических волокон. Проведено сравнение свойств флюорокарбона с нейлоном. Рассмотрены основные проблемы использования флюорокарбона в Российской Федерации.

Ключевые слова: флюорокарбон, фторопласты, амидные полимеры, нейлон.

Prospects of application of the fluoroplastic fluorocarbon in the production of fabrics from synthetic fibers are considered. Comparison of properties of a fluorocarbon with nylon is carried out. The main problems of use of a fluorocarbon in the Russian Federation are considered.

Keywords: fluorocarbon, fluoropolymers, amide polymers, nylon.

Как известно, **нейлон** является амидным полимером и широко используется при производстве одноименных тканей из синтетических волокон. Нейлоновая ткань является одной из самых востребованных тканей в мире. Этот полимер получают в результате гидролитической полимеризации капролактама или по реакции гетерополиконденсации адипиновой кислоты и гексаметилендиамина. Получение нейлона – достаточно сложный химический процесс, который, тем не менее, отработан уже десятилетиями. Нейлон обладает многими важными характеристиками, которые сделали эту ткань одной из самых известных в мире. Однако, как у многих синтетических материалов у нейлона есть свои преимущества и недостатки [1, с.39-40]. Кратко опишем их.

Преимущества:

- малый вес;
- большая прочность на растяжение;
- гладкость волокон;
- способность к окрашиванию различными классами красителей;
- высокая устойчивость к истиранию.

Недостатки:

- потеря прочности при действии повышенных температур;
- низкая устойчивость к ультрафиолетовому излучению;
- уменьшение степени белизны с течением времени.

Помимо этого, нейлоновая ткань теряет прочность в мокром состоянии, причём потеря прочности тканью ускоряется при действии УФ – излучения. К тому же, нейлон неустойчив к хлорсодержащим отбеливателям. Эти особенности волокна негативно влияют на свойства ткани при ее эксплуатации в условиях повышенных температур и агрессивных химических сред, а также при действии светопогоды, что ставит под вопрос целесообразность применения материалов из полиамидных волокон для изготовления снаряжения для военнослужащих или спасателей (в качестве примера). Однако, проведенные исследования [2] показывают, что прочностные свойства тканей из синтетических волокон, в том числе и

полиамидных, можно повысить путём использования физических методов воздействия на материал.

В отличие от нейлона, **флюорокарбон** относится к группе фторопластов. Данные вещества известны своей повышенной стойкостью к агрессивным химическим средам и воздействиям. В данной статье мы сравним свойства флюорокарбона и именно нейлона, т.к. лески и нити из флюорокарбона стали широкой альтернативой нейлоновым. И первое широкое применение, которое нашёл флюорокарбон, было применением в качестве лесок для рыбалки. Флюорокарбон был получен и запатентован в 1969 году Японской компанией Kureha Chemical Industries Co., Ltd. Производилось это вещество и в СССР под названием фторопласт-2 [3,4].

Процесс получения флюорокарбона достаточно прост. В качестве исходного сырья выступает дорогой в получении 1,1 дифтор 1 - хлорэтан, который в реакции пиролиза при температуре от 850-900 °С даёт 1,1 дифторэтилен [3,4,7]:



Далее происходит реакция полимеризации 1,1 дифторэтилена. Он легко полимеризуется по радикальному механизму в присутствии любых источников радикалов. Полимеризацию осуществляют как суспензионным, так и эмульсионным способом [1,3,4].



Полученную массу экструдировать в виде волокон, которые практически идеально прозрачны. Флюорокарбон обладает рядом преимуществ, по сравнению с нейлоном [3,4,6,7,8,9]:

- повышенная жесткость, также при низких температурах, но при этом достаточно высокая эластичность. Высокая прочность на растяжение, по сравнению с нейлоном (нить толщиной 0,3 мм способна разрезать нить из нейлона толщиной 0,4 мм);
- высокая механическая прочность (больше, чем у нейлона), твёрдость и ползучесть (лучше, чем у других фторопластов); химическая (не растворяется в сильных минеральных кислотах), электроизоляционная и радиационная стойкость; стойкость к гидролизу и ультрафиолетовому излучению, стойкость к резкому колебанию температур;
- хорошие свойства скольжения (более гладкие волокна, чем у нейлона) и износостойкость, низкая смачиваемость в водных средах;
- физиологическая инертность (возможность контакта с пищевыми продуктами).
- является очень чистым полимером, который не содержит, в отличие от других пластиков, остатков каталитической системы, термо- и УФ- стабилизаторов, смазочных материалов, пластификаторов, антипиренов;
- имеет меньший коэффициент преломления света, чем нейлон (1,42 против 1,6), что важно для неокрашенной ткани.

Все эти свойства делают флюорокарбон перспективным для применения и в тканях из синтетических волокон, в качестве армирующих нитей, или для изготовления цельных полотен. Однако встаёт вопрос, почему, если данный материал настолько превосходит нейлон по всем основным характеристикам, он достаточно редко применяется в синтетических тканях? Причин несколько:

1. В Российской Федерации на сегодняшний день его производство осложнено дорогим способом получения исходного сырья и устаревшей технологией изготовления, давно исчерпавшей свои инновационные ресурсы;
2. Заводы других видов химических и композиционных волокон достаточно трудно перестроить на производство этого фторопласта, а из заводов по производству фторопластов, построенных ещё во времена СССР, большая часть уже не функционирует. Сейчас в России имеется только 2 крупных завода, производящих фторполимеры (ОАО «Галоген» в г. Пермь и ООО «Завод полимеров Кирово-Чепецкого химического комбината им. Б.П. Константинова» в г. Кирово-Чепецк) [5,11].

Также флюорокарбон, как любой материал, имеет и свои недостатки, которые достаточно сильно ставят под сомнение целесообразность его производства [3,4]:

- высокая стоимость (при существующей технологии производства в России стоимость примерно в 1,5 раза выше нейлона, а импортный флюорокарбон дороже российского нейлона в 2,5 раза);
- плохо поддаётся окрашиванию (из-за своей высокой химической инертности).

Всё это объясняет текущую ситуацию очень узкого применения этого материала в России. В США, Японии и странах Западной Европы, данный материал применяют при производстве тканей высокой прочности в качестве армирующих нитей, а также для покрытия различных тканей (ткани с фторполимерными покрытиями) [3,4].

Тем не менее, в том случае, если будут найдены новые, недорогие способы получения исходного сырья для этого материала, а также инновационные технологии его изготовления, вполне можно утверждать, что данный материал может заинтересовать производителей тканей из синтетических волокон и вполне может найти применение, с учётом всех своих достоинств и недостатков. Пока же применение флюорокарбона в России ограничивается применением в качестве лесок. Но как показывают последние исследования, мировая потребность, не только во флюорокарбоне, но и во фторполимерах, продолжает постоянно расти, что связано с уникальными свойствами этих материалов [10,11,12].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Крыжановский В.К. Технические свойства полимерных материалов. Уч. пособие. СПб.: Профессия, 2005. - 248с.
2. Циркина, О.Г. Влияние энергии электромагнитных колебаний на физико-механические характеристики текстильных материалов/ О.Г. Циркина, А.Л. Никифоров//Известия вузов. Технология текстильной промышленности.–2013.–№2.–С.85-90.
3. Исикава Н. Синтез соединений фтора. Перевод под ред. А.В. Фокина. М.: «Мир», 1990. - 405с.
4. Уолл Л.А. Фторполимеры. Перевод под редак. И.Л. Кнуянца, В.А. Пономаренко. М.: «Мир», 1975. - 448с.
5. Логинова Н.Н., Афолина И.И., Захаров П.С. Фторполимеры в России и в мире. Доклад на научно-практической конференции «Фторполимерные материалы: научно-технические, производственные, коммерческие аспекты» г. Кирово-Чепецк, 2008.
6. Барабанов В. П., Осипов О. П., Санников С. Г., Торсуев Д.М. Исследование смачиваемости фторполимеров (статья). Химия и компьютерное моделирование. Бутлеровские сообщения, 2002. - № 6, с.47-50.
7. Штейнгарц В.Д. Фторуглероды (статья). Соросовский образовательный журнал, 1999. - №5, с.27-32.
8. Логинова Н.Н., Подлеская Н.К., Трофимов Д.Н. Российский опыт модификации фторполимеров (статья). Сырье и материалы. ПЛАСТИКС №3 (132) 2014, с.18-24.
9. Нудельман З.Н. Фторкаучуки. Основы, переработка, применение. — М.: ПИФ РИАС, 2007. — с.123-127.
10. Виллемсон А.Л. Тенденции развития мирового рынка фторполимерных продуктов (статья). Сборник материалов «VIII ВСЕРОССИЙСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ХИМИЯ ФТОРА посвященная 80-летию академика Ю.А.БУСЛАЕВА», 2009. – с.12-14.
11. Баскин З.Л., Шабалин Д. А., Выражейкин Е.С., Дедов С.А. Ассортимент, свойства и применение фторполимеров Кирово-Чепецкого химического комбината. Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева), 2008, т. LII, № 3, с.13-23.
12. Логинова Н.Н. Состояние и тенденции развития фторполимеров в мире. Доклад. Санкт-Петербург, 2005.

ВЛИЯНИЕ ПРЯМОГО ФТОРИРОВАНИЯ ПОЛИПРОПИЛЕНОВОГО НЕТКАНОГО МАТЕРИАЛА НА ЕГО ГИДРОФИЛЬНО-ГИДРОФОБНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

THE INFLUENCE OF DIRECT FLUORINATION OF POLYPROPYLENE NONWOVEN FABRIC AT ITS HYDROPHILIC-HYDROPHOBIC CHARACTERISTICS

В.А. Истраткин

V.A. Istratkin

Институт химии растворов им. Г.А. Крестова РАН (Иваново)

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

E-mail: vladych91@mail.ru

Исследовано влияние обработки полипропиленовой пленки и полипропиленового нетканого материала методом прямого газового фторирования на их смачиваемость водой. Установлено, что фторирование газовой смесью, не содержащей кислорода, приводит к заметному уменьшению смачиваемости полипропиленового материала. Фторирование в присутствии кислорода мало влияет на его гидрофильно-гидрофобные свойства.

Ключевые слова: прямое газовое фторирование, полипропиленовый нетканый материал, смачиваемость, гидрофильность, гидрофобность

We have investigated the influence of processing polypropylene film and polypropylene non-woven fabric by direct gas-fluorination on their water wettability. We have established that the fluorination of a gas mixture without oxygen results to a marked decrease of wettability of polypropylene material. The fluorination in the presence of oxygen has little effect on its hydrophilic-hydrophobic properties.

Keywords: direct fluorination gas, polypropylene nonwoven fabric, wettability, hydrophilicity, hydrophobicity

Основным видом волокнистых материалов на основе полипропилена являются нетканые материалы. За последние пять лет выпуск полипропилена в России удвоился, потребление выросло в 1,7 раза, доля отечественной продукции на рынке достигла 75%. Важную роль для еще большего расширения области их применения может сыграть придание нетканым материалам новых, ранее не присущих им свойств (например, барьерных антимикробных свойств, гидрофильности). Этой цели можно достичь с помощью модифицирования нетканых материалов. Учитывая, что эксплуатационные характеристики нетканых материалов в значительной степени зависят от свойств поверхности образующих их волокон, наиболее рациональной является поверхностная модификация нетканого материала, позволяющая придать новые свойства лишь ультратонкому поверхностному слою полимера, оставив без изменения его основную массу. Сложность достижения этой цели связана с высокой химической инертностью и плотностью структуры полипропилена. Указанные особенности объекта предполагают использование высокоэнергетических модифицирующих воздействий (УФ-, озонирования, плазменной или радиационной обработки), однако эти методы являются энергоемкими, требуют наличия сложного оборудования и часто приводят к ухудшению базовых физико-механических характеристик полипропиленовых нетканых материалов (ПНМ). Более рациональным, на наш взгляд, является использование для модифицирования ПНМ метода прямого газового фторирования.

Под термином «прямое фторирование полимеров» обычно понимается процесс гетерогенного взаимодействия газообразного молекулярного фтора или его газовых смесей (с N₂, He, Ar, O₂ и др.) с поверхностью полимерного материала [1-4]. При этом в макромолекулах алифатических полимеров происходит замещение водорода на фтор [5,6]. Наряду с основной, возможно протекание и побочных реакций, к числу наиболее характерных из которых относится сшивка, деструкция и окисление макромолекул

полимера. Часть продуктов фторирования в присутствии влаги, в том числе, атмосферной, подвергается гидролизу. В целом, модификацию поверхности можно представить как образование поверхностного слоя, толщина, степень и химический состав которого зависят от условий проведения реакции модифицирования – продолжительности процесса фторирования, давления газовой смеси и её состава, в том числе, наличия или отсутствия в газовой смеси кислорода [7,8]. Процесс прямого фторирования протекает спонтанно при комнатной температуре с приемлемой скоростью и не требует ни нагрева, ни дополнительного инициирования в виде УФ-облучения, γ -излучения или катализаторов. Как было показано нами в работе [9], при фторировании полипропилена наибольшую активность проявляет СН группа, CH_3 и CH_2 группы являются менее активными.

Установлено [10], что при фторировании ПНМ смесью, содержащей кислород, на его поверхности образуется значительно меньше фторсодержащих групп, чем при фторировании без кислорода, что, по всей видимости, связано с ингибированием в присутствии кислорода реакции фторирования и интенсивном протекании реакции окисления. При этом зафиксировано наличие на поверхности полипропилена кислорода, что свидетельствует об образовании в присутствии кислорода $-\text{COF}-$ и/или $-\text{CHONF}-$ групп, которые могут вступать в реакцию гидролиза с образованием карбоксильных групп.

Для того чтобы определить, как фторирование влияет на гидрофильно-гидрофобные свойства полипропиленового материала, оценивали изменение краевых углов смачивания пленки и нетканого материала.

Показано, что краевой угол смачивания водой полипропиленовой пленки после фторирования кислородсодержащей газовой смесью уменьшается на 13 град., а после фторирования смесью без кислорода – возрастает на 9 град. Это связано с тем, что в присутствии кислорода случае в результате фторирования образуются гидрофильные кислородсодержащие группы, а без кислорода – высокогидрофобные $-\text{CF}_2-$ и $-\text{CHF}-$ группы, что и определяет понижение и повышение, соответственно, гидрофобности пленки.

Краевой угол смачивания фторированного нетканого материала значительно выше, чем у фторированной в аналогичных условиях пленки. Это связано с тем, что на смачиваемость ПНМ оказывает влияние не только изменение химического состава поверхности, но и многомодальная шероховатость нетканого материала, обладающего сложной волокнистой структурой [11-13]. Так краевой угол смачивания ПНМ после фторирования кислородсодержащей смесью, в отличие от пленки, не снижается, а остается на уровне необработанного, несмотря на такое же, как у пленки, образование гидрофильных кислородсодержащих групп. Фторирование смесью, не содержащей кислорода, вызывает возрастание краевого угла смачивания на 6 - 7 град., причем изменение содержания фтора в газовой смеси в исследуемых пределах мало влияет на этот показатель.

Анализ влияния фторирования полипропиленового ПНМ на его смачиваемость показывает, что достигаемый эффект зависит от состава используемой газовой смеси: при обработке фторсодержащей газовой смесью в отсутствие кислорода смачиваемость ПНМ заметно снижается, в присутствии кислорода – либо возрастает, либо остается на исходном уровне.

Таким образом, показано, что фторирование ПНМ газовой смесью, не содержащей кислорода, приводит к заметному уменьшению смачиваемости полипропиленового нетканого материала. Фторирование в присутствии кислорода мало влияет на гидрофильно-гидрофобные свойства материала. Исследование процесса прямого газового фторирования позволило разработать новые методы модифицирования ПНМ, новизна которых подтверждена двумя патентами РФ на изобретения [14-15].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Tressaud A., Durand E., Labruge`re C., Kharitonov A. P., Kharitonova L.N. Modification of surface properties of carbon-based and polymeric materials through fluorination routes: From

- fundamental research to industrial applications // J. of Fluorine Chemistry. 2007. 128. P. 378 – 391.
2. Kharitonov A. P. Direct fluorination of polymers—from fundamental research to industrial applications // Progress in Organic Coatings. 2008. 61. P. 192 – 204.
 3. Kharitonov A.P. Chapter 2: Direct fluorination of polymers—from fundamental research to industrial applications. In: Fluorine Chemistry Research Advances / Ed. Ira V. Gardiner - Nova Science Publishers, Inc. 2007. P. 35 - 103.
 4. Kharitonov A. P. Direct fluorination of polymers / Nova Science Publishers Inc. - 2008.
 5. Schonhorn H., Gallagher R.K., Luongo J.P., Padden F.J. Fluorinations of polyethylene Single Crystals // Macromolecules. 1970. № 3. P. 800 - 801.
 6. Clark D.T., Feast W.J., Musgrave W.K.R., Ritchie I.J. Applications of ESCA to polymer chemistry. Part VI. Surface fluorination of polyethylene. Application of ESCA to the examination of structure as a function of depth // J. Polym. Sci., Part A: Polym. Chem. 1975. V. 13. P. 857 - 890.
 7. Назаров В.Г. Поверхностная модификация полимеров: монография. - М.: МГУП. 2008. 474 с.
 8. Tressaud A., Durand E., Labruge`re C., Kharitonov A.P., Kharitonova L.N. Modification of surface properties of carbon-based and polymeric materials through fluorination routes: From fundamental research to industrial applications // J. Fluorine Chem. - 2007. –V. 128. – P. 378 – 391.
 9. Prorokova N.P., Istratkin V.A., Kumeeva T.Yu., Vavilova S.Yu., Kharitonov A.P., Bouzник V.M. Improvement of polypropylene nonwoven fabric antibacterial properties by the direct fluorination // RSC Advances, 2015, V. 5, Is. 55. - P. 44545-44549.
 10. Пророкова Н.П., Истраткин В.А., Харитонов А.П. Технология прямого газового фторирования полипропиленового нетканого материала. Обоснование выбора оптимальных режимов процесса // Дизайн. Материалы. Технология. 2015 № 5 (40).- С. 28-34.
 11. Voinovich L.B., Emelyanenko A.M. Hydrophobic materials and coatings: principles of design, properties and applications // Russ. Chem. Rev. 2008. **77** (7). P. 583 – 600
 12. Voinovich L., Emelyanenko A. Contact angle and wetting hysteresis measurements by digital image processing of the drop on a vertical filament // Colloids and Surface A: Physicochem. Eng. Aspects. 2011. V. 383. Is. 1-3. P. 10-16.
 13. Voinovich L., Emelyanenko A. Principles of Design of Superhydrophobic Coatings by Deposition from Dispersion // Langmuir. 2009. V. 25. P. 2907-2912.
 14. Пророкова Н.П., Кумеева Т.Ю., Вавилова С.Ю., Истраткин В.А., Харитонов А.П., Бузник В.М Патент 2488600 РФ. Способ поверхностного модифицирования полипропиленового материала / Оpubл. 27.07.2013, Бюл. №21.
 15. Пророкова Н.П., Кумеева Т.Ю., Вавилова С.Ю., Истраткин В.А., Харитонов А.П., Бузник В.М. Патент 2488601 РФ. Способ поверхностного модифицирования полипропиленового материала / Оpubл. 27.07.2013, Бюл. №21.

Работа выполнена под руководством д.т.н. Пророковой Н.П.

АДСОРБЦИОННАЯ ИММОБИЛИЗАЦИЯ ВОДОРАСТВОРИМЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ КРАСИТЕЛЕЙ НА ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛАХ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ ХИТОЗАНОМ

ADSORPTION IMMOBILIZATION OF WATER-SOLUBLE ORGANIC DYES ON THE FIBROUS MATERIAL, MODIFIED WITH CHITOSAN

Е.А. Мезина

E.A. Mezina

Институт химии растворов им. Г.А. Крестова РАН (Иваново)
G.A. Krestov Institute of Solution Chemistry of the Russian Academy of Sciences (Ivanovo)
E-mail: aay@isc-ras.ru

Исследовано влияние поверхностной модификации волокнистых материалов нано- и мезоразмерными частицами хитозана на способность этих материалов адсорбировать анионные органические соединения на примере растворимых красителей в качестве модельных сорбатов.

Ключевые слова: хитозан, волокнистые материалы, органические красители

The effect of the surface modification of fibrous materials and nano-mezo size particles chitosan on the ability of these materials to adsorb anionic organic compounds by the example soluble dyes as model sorbates.

Keywords: chitosan, fibrous materials, organic dyes

В настоящее время одной из актуальных задач исследователей, работающих в области текстильной химии, является расширение области применения волокнистых материалов за счет их функционализации, в частности путем поверхностной модификации полимерами. В последнее время возрос интерес к использованию для этих целей хитозана. Хитозан – биологически активный полисахарид природного происхождения, обладающий комплексом ценных в практическом отношении свойств и привлекающий все возрастающее внимание исследователей во всем мире [1]. Интерес специалистов, работающих в области текстильной химии, к хитозану обусловлен такими его свойствами как водорастворимость, нетоксичность, хорошие пленкообразующие свойства и способность безреагентно закрепляться на натуральных волокнах. Благодаря этим свойствам хитозан можно считать перспективным отделочным материалом для облагораживания текстильных изделий. За рубежом хитозан используется для облагораживания текстильных материалов в производстве элитного текстиля повышенной комфортности и медицинского текстиля, причем эффект достигается как при введении данного биополимера в волокно [2], так и посредством поверхностного его нанесения [3]. При использовании для поверхностного нанесения обычных растворов хитозана возможно повышение жесткости и снижение воздухопроницаемости волокнистого материала из-за образования на аппретируемой поверхности сплошной полимерной пленки и склеивания волокон. Данная проблема может быть решена, если придать аппрету ультрадиспертность за счет перевода раствора хитозана в дисперсию нано- и мезоразмерных частиц. В Институте химии растворов в лаборатории модифицированных волокнистых материалов проводятся исследования, направленные на разработку механо-химического способа получения коллоидизованных аппретов на основе природных полисахаридов [4].

Цель настоящей работы состояла в исследовании влияния поверхностной модификации волокнистых материалов нано- и мезоразмерными частицами хитозана на способность этих материалов адсорбировать анионные органические соединения.

В качестве модельных анионных сорбатов были использованы макроциклические анионные красители: активный ярко-красный 5 СХ и активный бирюзовый 2 ЗТ.

Растворимость и анионная активность использованных красителей обусловлена присутствием в них сульфогрупп в Na-солевой форме. Скорость и величину адсорбции измеряли спектрофотометрическим методом.

Наночастицы хитозана, имеющие положительный заряд поверхности, эффективно выбираются волокном из водной дисперсии и при высушивании закрепляются на нем адгезионно. Нанесенные на поверхность волокна хитозановые наночастицы могут выполнять роль якорного слоя для адсорбционной иммобилизации на материале функциональных препаратов.

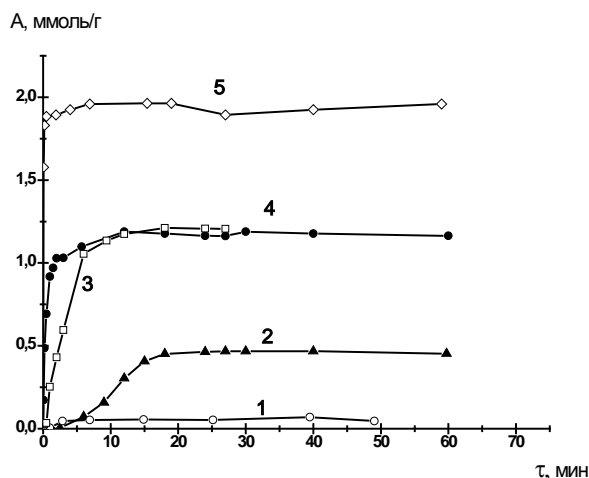


Рис.1. Кинетические кривые адсорбции красителя активного бирюзового: на льняном волокне: исходном (1), аппретированном раствором хитозана (3) и частицами хитозана (4); на хитозановых частицах- высушенных (2) и в водной дисперсии (5)

При использовании приема адсорбционной иммобилизации необходимо учитывать селективность адсорбции и влияние зарядности иммобилизанта. В случае нанесения препарата, имеющего ионогенные группы с зарядом, противоположным заряду частиц-носителей, адсорбция носит ионообменный характер и протекает с высокой скоростью. Кроме того, характеристики адсорбции в значительной степени определяются величиной удельной поверхности субстрата. На рис.1 представлены кинетические кривые адсорбции анионного красителя активного бирюзового на различных субстратах. Наименьшая скорость и величина адсорбции получена для исходного льняного волокна (кривая 1). Свободные частицы хитозана в водной дисперсии показали самую высокую скорость и величину адсорбции (кривая 5), что связано с их высоким поверхностным зарядом (ζ -потенциал +48мВ) и большой удельной поверхностью. При высушивании дисперсии в свободном состоянии получали пленку из сросшихся частиц, при этом скорость и величина адсорбции красителя значительно снижаются (кривая 2), что связано с уменьшением поверхности субстрата. Примечательно, что показатели адсорбции для частиц, закрепленных на волокне (кривая 4), занимают промежуточное положение между свободными частицами в водной дисперсии и частицами, высушенными в свободном состоянии в виде пленки. Этот результат свидетельствует о том, что поверхность волокна в данном случае играет стабилизирующую роль, препятствуя агрегации частиц, что в значительной степени позволяет сохранить развитую поверхность и обеспечить высокую скорость адсорбции красителя. По величине адсорбции пленочный аппрет, полученный импрегнированием волокна обычным раствором хитозана (кривая 3), не уступает коллоидизованному аппрету. Однако в последнем случае была получена гораздо более высокая скорость адсорбции. Кроме того, существенным преимуществом коллоидизованного хитозанового аппрета является сохранение мягкости волокна. В случае обработки обычным раствором хитозана наблюдалось склеивание волокон (рис.2) и повышение жесткости материала.

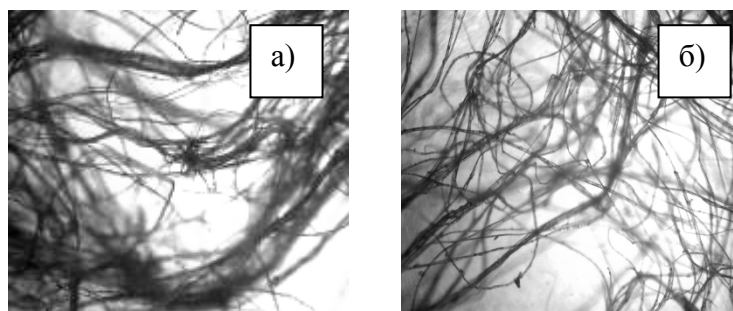


Рис.2. Микрофотографии льняных волокон, аппретированных обычным раствором хитозана (а) и дисперсией хитозановых наночастиц (б)

Значительным преимуществом способа поверхностной модификации хитозановыми частицами является универсальность в отношении природы волокнообразующих полимеров. Коллоидизованные аппреты одинаково хорошо закрепляются на синтетических, натуральных и смешанных волокнах, о чем свидетельствуют данные, приведенные в таблице 1.

Таблица 1

Влияние поверхностной модификации волокнистых материалов хитозановыми частицами на адсорбцию красителя активного ярко-красного

Нетканый материал	Адсорбция красителя, $\times 10^3$ ммоль/г _{материала}	
	Без обработки	С обработкой
Полиэтилентерефталат– 100%	0,093	9,74
Полипропилен – 100%	0,234	7,2
Нетканый материал: Льняное волокно – 50% Вискозное волокно – 50%	0,191	9,86
Нетканый материал: Льняное волокно – 30% Полипропилен – 70%	0,278	11,75

Сравнительный анализ данных, приведенных в таблице, позволяет заключить, что независимо от волокнистого состава адсорбционная способность нетканых материалов, поверхностно модифицированных частицами хитозана, оцененная с использованием анионактивного красителя в качестве модельного соединения, оказалась на 1-2 порядка выше в сравнении с исходным материалом.

Экспериментальные данные, полученные в работе, могут быть использованы при иммобилизации на волокнах биологически активных, в том числе лекарственных препаратов для получения нетканых материалов медицинского, косметического и гигиенического назначения. Кроме того, волокнистые материалы, модифицированные хитозаном, могут быть использованы при получении фильтров для извлечения из воды ионов тяжелых металлов и растворенных красителей.

Работа выполнена под руководством д.х.н., проф. И.М. Липатовой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хитин и хитозан: Получение, свойства и применение. Под ред. К.Г. Скрябина, Г.А. Вихоревой, В.П. Варламова. М.: Наука. 2002. С. 141 – 177.
2. Lee Shin-Hee // J. Appl. Polym. Sci. 2003. V. 90. N.10. P. 2870 – 2877.
3. Hudson S.M. // J. Macromol. Sci. C. 2003. V. 43. N. 2. P. 590 – 599.
4. Липатова И.М., Морыганов А.П. // Российский химический журнал. 2015. Т. LIX. N.3. С. 60-67.

УДК 678

ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛЬНЫХ ЛИТЬЕВЫХ ПЛАСТИКОВ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

THE APPLICATION OF MOLDING POLYMERS FOR THE MANUFACTURING OF COMPOSITE MATERIALS

А.М. Смирнова
А.М. Smirnova

Костромской государственный технологический университет
Kostroma State Technological University

Рассмотрены некоторые особенности изготовления композиционных материалов. Показана специфика и проблематика использования литевых пластиков для пропитки армирующей основы преформы. Приведена сравнительная характеристика физико – механических показателей литевых полимеров отечественного и зарубежного производства.

Ключевые слова: полимерные композиционные материалы, технология производства, литевые пластмассы.

The article discusses some features of the manufacturing of composite materials, the specificity and problems of using of molding plastics for the impregnation of reinforcing foundation of the preform. The comparative characteristic of physical - mechanical properties of molding polymers of domestic and foreign production is referred in the article.

Keywords: polymer composite materials, manufacturing, technology, molding plastics.

Технология получения композиционного материала содержит два основных процесса – получение предварительной формы будущего изделия (преформы) и пропитка ее связующим. При этом в качестве связующего, в зависимости от технического задания или условий эксплуатации изделия, применяются различные материалы. Исходя из большого многообразия композиционных материалов в качестве связующего применяются углеродные волокна, керамические, металлические и полимерные материалы. При этом очень широкий класс композиционных материалов представляют полимерные композиционные материалы (ПКМ). В данной статье рассматривается второй этап технологического процесса – пропитка преформы связующим.

Для получения композиционных материалов с высокими физико-механическими свойствами необходимо получать преформы с высокой плотностью армирующего наполнителя. Наиболее желательна объемная плотность армирующей основы от 50 % и выше, что достаточно трудно получить как ткацкими так и плетельными технологиями. Высокая плотность преформы позволяет решить задачу повышения прочности

композиционного материала с одной стороны, но вызывает большие проблемы при пропитке связующим такой преформы. Существуют технологии пропитки армирующей основы с применением вакуумных технологий или инжектирования связующего под большим давлением, однако эффективность данных технологий будет определяться прежде всего вязкостью пропитываемого преформу полимерного материала. Проблема состоит в том, что единственным отечественным связующим для производства композиционных материалов являются эпоксидные смолы и их модификации. Вязкость данных материалов достаточно высока, вследствие чего пропитка материала значительной толщины данным видом связующего представляет собой весьма нелегкую, а порой и невыполнимую задачу.

Поэтому для более эффективной пропитки рекомендуется эпоксидные смолы перед нанесением на изделие предварительно подвергать нагреву и, тем самым, снизить коэффициент вязкости. Однако данный путь не всегда возможен вследствие ограничений по размерам детали и др. Кроме того, применение подогрева смол позволяет снизить коэффициент вязкости до 2-3 раз, но при этом он все равно остается высоким для эффективной пропитки преформы. Физико-механические свойства отечественных смол представлены в таблице 1.

Таблица 1

Физико-механические свойства отечественных смол [1]

Марка смолы (ГОСТ 10587 – 84)	Вязкость, Па*с	Ударопрочность кДж/м ²
ЭД – 20	12-18	5
ЭД – 22	7-12	25

Из таблицы 1 видно, что вязкость эпоксидных смол в среднем составляет величину от 7 до 18 (Па*с). Значения ударопрочности находятся в диапазоне 5 – 25 кДж/м². Имеется возможность изменения физико-механических свойств эпоксидных смол за счет модификации состава. Однако практика применения данного связующего показывает, что существует большая проблема пропитки данным видом связующего даже обычных стеклотканей для производства корпусов катеров и яхт.

Существенное преимущество перед отечественным связующим имеют импортные аналоги, в частности смолы производства Германии, имеющие показатель вязкости, равный 4 – 5 (Па*с). Физико-механические свойства импортных смол представлены в таблице 2.

Таблица 2

Физико-механические свойства импортных смол [1]

Фирма – изготовитель	Марка смолы	Вязкость, Па*с
Dow Chemical (США)	DER 331	11-14
	DER 330	7-10
Resolution Perfomance Products (Великобритания)	Epicote 828	12-14
	Epicote 827	8-10
Leuna Harze Gmbh (Германия)	Epilox 19-03	10-14
Bakelite A.G. (Германия)	Rutapox0164	8-12
	Rutapox0162	4-5
Huntsman Advanced Materials (ранее Ciba Geigy) (Швейцария)	Araldite GV – 250	10-12
Kukdo (Южная Корея)	YD – 128	11,5-13,5
	YD – 127	8-11

С учетом перспективы разработки технологий 3D ткачества и 3D плетения с большими толщинами текстильных преформ, достигающих более 100 мм, применение эпоксидных смол в качестве связующего для получения композиционных материалов становится весьма проблематичным.

Наиболее перспективным в данном направлении является применение модельных литевых пластиков. Физико-механические характеристики пластиков (производитель Altropol, Германия) приведены в таблице 3.

Таблица 3

Физико-механические свойства модельных пластиков [2]

Показатели	Марка литьевого пластика			
	ProtoCast 85-R	LasilCast 12	LasilCast 2	LasilCast 1515
Вязкость при 20 °С, Па*с	0,075	0,105	0,065	0,350
Ударопрочность кДж/м2	от 12 до 100			

Из данных таблицы видно, что вязкость пластиков составляет в среднем от 0,065 до 0,35 Па*с, что в 50 – 100 раз (в зависимости от марки) меньше, чем у эпоксидных смол отечественного производства. Значения ударопрочности находятся в диапазоне 12– 100 кДж/м2 (в зависимости от марки литьевого пластика), что до 4 раз превышает аналогичное значение у отечественных эпоксидных смол.

Очень существенно, что возможна модификация пластиков путем добавления наполнителей (металлическая пудра, кевларовое волокно, микрокальцит и др.) и изменение времени отверждения полимера, что очень важно для процесса получения композиционных материалов и прогнозирования их свойств. Связующее для производства ПКМ должно обладать высокими физико-механическими свойствами, низким коэффициентом вязкости и невысокой стоимостью/

Таким образом, можно сделать вывод, что для развития ПКМ в России в рамках развития конкурентоспособности отечественного рынка и импортозамещения, необходимо разработать отечественное связующее и сформулировать важнейшие показатели технического задания на разработку.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Эпоксидные смолы и отвердители для производства лакокрасочных материалов. Электронный ресурс. Режим доступа: http://www.chimexltd.ru/content/data/store/images/f_603_48889_1.pdf
2. Компания Лассо. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://lassoplast.ru/catalog/zhestkie-plastiki-/794/>

ПОЛИУРЕТАН В ТЕКСТИЛЬНОЙ И ДРУГИХ ОТРАСЛЯХ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

POLYURETHANE IN THE TEXTILE AND OTHER INDUSTRIES

А.М. Смирнова

A.M. Smirnova

Костромской государственной технологической университет
Kostroma State Technological University

В статье рассмотрены области применения полиуретанов, приведены основные физико – механические характеристики этого материала. Затронута технология производства композиционных материалов с использованием литьевого полиуретана, проанализированы проблемы и перспективы технологии изготовления полимерных композиционных материалов.

Ключевые слова: полиуретан, полимерные композиционные материалы, технология производства, литьевые пластмассы.

The article is devoted to the application of polyurethane and the main physical - mechanical characteristics of this material. Some parts of the article discusses the technology of the manufacturing of compositional materials using molding polyurethane, problems and possibility of the manufacturing of polymer composite materials.

Keywords: polyurethane, polymer composite materials, manufacturing, technology, molding plastics.

Полимерные материалы широко используют в металлообрабатывающей, химической, деревообрабатывающей, полиграфической, бумажной промышленности, машиностроении, автомобилестроении, нефтяной и газовой, горнодобывающей, строительной, пищевой, а также текстильной и других отраслях. Такой широкий спектр применения связан с тем, что синтетические полимерные материалы, в частности полиуретан, по многим параметрам превосходят цветные и черные металлы, стекло, древесину и др. К полиуретанам относят обширный класс полимеров, иногда существенно отличающихся химической природой, строением цепи и свойствами, но неизменно содержащих уретановые группы $-NHCOO-$. Востребованность полиуретана у производителей связана с возможностью получения разнообразных технически ценных материалов на его основе: монолитные эластомеры и пластики, вспененные материалы, волокна, клеи, лаки, адгезивы и герметики.

В обувной промышленности используется специальный обувной полиуретан. Он представляет собой гладкие и рифленые пластины, которые применяются для изготовления подошв, каблучков, набоек, которые по сравнению с традиционными резиновыми существенно долговечнее. Материалы, в состав которых входит полиуретан используют в качестве искусственной кожи.

Полиуретановые эластомеры широко применяются в качестве протезного материала в различных областях медицины, в частности в стоматологии для изготовления съемных зубных протезов. Используемые технологии изготовления съемных протезов с применением литьевого полиуретана просты в исполнении и не требуют специального дорогостоящего оборудования, изделия имеют повышенные прочностных характеристики, обладают повышенным сопротивлением к развитию знакопеременных упругих деформаций, которые испытывает протез при эксплуатации и абсолютно безвредны для организма.

Относительно недавно к довольно большому списку стоматологических материалов на полимерной основе добавился еще один класс — модифицированные поликислотами полимерные композиты или для краткости — компомеры. [1]

Также к изделиям медицинского назначения можно отнести ортопедические полиуретановые матрасы, которые отличаются практичностью, долговечностью, прочностью и гибкостью, трубки и катетеры, хирургические простыни и салфетки, раневые повязки.

Одной из крупнейших областей применения полиуретанов является автомобилестроение, в частности производство деталей для автомобилей. Например, для оборудования салона – панелей приборов, деталей облицовки дверей, для дверных ручек, рукояток рычага переключения передач, полок между спинкой заднего сиденья и задним стеклом кузова и т.д. На сегодняшний день известен термопластичный полиуретан, который можно использовать в наружном оборудовании автомобиля без окраски и на большой площади для ударопоглощающих буферных элементов. Создаются инновационные изоляционные материалы с целью виброизоляции, теплоизоляции и облегчении веса конструкций автотранспорта. На рынке клеевых систем применяются реактивные клеевые системы на основе полиуретана, эпоксиды и силикона.

Широко применяются пластики на любых объектах строительства: сэндвич-панели, полиуретановые двери (актуально энергосбережение), пластиковая вагонка, полимерная террасная доска. Если говорить о последней, то такие доски являются смесью полимерных материалов с древесиной и представляют собой древесно-полимерный композит. Полученные таким образом доски обладают очень хорошими характеристиками, превосходящими по качеству, как деревянную доску, так и керамическую плитку. В жидком виде полиуретан применяется для гидроизоляции плоских крыш и на сложных участках кровли, где применение другого изолятора связано с большими трудностями. В последние годы стали применяться наливные полиуретановые полы — бесшовное покрытие из полиуретановой смеси, пенополиуретан в качестве теплоизоляции, акустической и гидроизоляции при строительстве и капремонте.

На сегодняшний день экономически выгодно и актуально проектирование, разработка технологий производства, а также непосредственное изготовление элементов интерьерного декора из композитных и полимерных материалов. Декоративный полиуретан применяется для изготовления карнизов, потолочных плинтусов, колонн, пилястр, балок для лестниц, различной формы лепнины.

Для скульптурных композиций полиуретан является одним из лучших современных материалов, т. к. позволяет создать не менее выразительную скульптуру, чем гипс, камень, мрамор или дерево. Данный материал обеспечивает полиуретановой скульптуре большую художественную выразительность за счет высокой четкости и проработки мелких деталей изделия при условии высокой детализовки мастер-модели. Используя проработанную автором статьи технологию и авторские мастер-модели были изготовлены различные художественные изделия: интерьерные скульптуры и ювелирно-художественные изделия. В частности, при изготовлении интерьерной настольной скульптуры-сувенира «Архар» в качестве материала подставки использован полиуретан Crystal Clear 204, расписанный вручную в литейной форме при предварительной выдержке массы в 70 мин, представляет собой имитацию малахита. Материал скульптуры – полиуретан Protocast 85R, имитация слоновой кости. Применение полиуретана в интерьере квартир и домов не ограничивается изготовлением скульптур и сувенирных подставок. Декоративные светильники из этого материала выдерживают нагрев искусственными источниками освещения. Из полиуретана изготавливаются рамы для зеркал, порталы для каминов, потолочные розетки, орнаменты, декоративные балки, балясины и многое другое. Декоративные элементы и панно используют для обрамления плоскости потолка или стен определенным рельефом. [2].

В машиностроении применяются полиуретановые эластомеры литьевых марок для изготовления износостойких деталей: манжет, втулок, колец и роликов, манжетных уплотнений гидравлических и пневматических систем, полиуретановых покрытий колес, шкивов, бандажей, траков и другой арматуры, упругие элементы муфт, амортизаторов, деталей, работающих в условиях абразивного и гидроабразивного износа и др. Литьевые полиуретаны являются довольно дорогим видом эластомеров применяемым там, где необходима ударная прочность, долговечность и низкая стоимость литья.

Полиуретан с успехом заменяет резину различных марок (а в некоторых случаях и металлы), благодаря таким свойствам как: износостойкость, кислотостойкость,

маслобензостойкость, высокие диэлектрические свойства, а также возможность работы при высоких давлениях (до 750 атм.) в широком температурном диапазоне (от -60 до 140 °С). При специальной обработке полиуретан имеет прочные связи с металлом [3].

Таблица 1

Сравнительные характеристики резины и полиуретана [3]

Показатель	Значение для резины	Значение для полиуретана	Примечание
Условная прочность при растяжении, МПа (кгс/см кв.)	12,7 (130)	35 (350)	Полиуретан прочнее резины в 2,5 раза
Относительное удлинение при разрыве (не менее), %	300	500 - 600	Полиуретан эластичней резины в 2 раза
Твердость, ед. Шора А	40 - 50	55 - 97	Полиуретан может быть изготовлен различной твердости
Истираемость, м куб/т.Дж	45 - 80	11,25 - 26,6	Условная износостойкость полиуретана в 3 раза выше

Полиуретан обладает высоким сопротивлением разрыву, высокой износоустойчивостью и способностью выдерживать большое давление наряду с большой эластичностью, маслостойкостью и теплостойкостью. Полиуретан можно подвергать механической обработке различными способами.

Одновременно полиуретаны проявляют высокое сопротивление раздиру и истиранию, что является залогом высокой прочности. Полиуретановые валки очень эффективны при работе с абразивами и предметами с острыми краями, например, для подачи лент из термопластов в грануляторы, в машинах для обдирки риса, для рубки стекловолокна непосредственно на валках. Сюда же относятся подающие ролики оборудования для шлифовки панелей из фанеры и направляющие ролики установок по изготовлению зеркальных стекол. [4]

Благодаря таким свойствам, в частности способности заменить резину и другие материалы, полиуретан находит широкое применение в текстильном машиностроении. Среди полиуретановой продукции можно перечислить различные валы, приводные ремни, конвейерные ленты, в уплотнительных деталях машин и станков и т.п. Полиуретановые покрытия выдерживают статическую и динамическую нагрузку, широкий диапазон температурного применения без потери эксплуатационных качеств, что позволяет применять его как на горячем производстве, так и в холодильных установках.

Повышенной прочностью, легкостью, эластичностью, низкой теплопроводностью и стойкостью к химическим, физическим и атмосферным воздействиям характеризуются ткани из лавсана, нейлона, нитрона, полипропилена и др. Даже небольшая добавка 5% полиуретана к нерастяжимым волокнам (например, хлопку) уже обеспечивает материалу упругость, несминаемость, прочность и сохранение формы.

В текстильной промышленности использование полимеров позволяет комбинировать различные виды волокон и легко добиться необходимого эффекта. Так, например, полиэстер известен особой прочностью и термостойкостью. Полиамид – самое дорогое волокно, отличается высоким коэффициентом износоустойчивости. Полиуретан имеет лучшие показатели эластичности. А полиакрил по праву называется «искусственной шерстью». Все они широко используются в производстве верхней одежды. [5]

Полиуретановые волокна известны под торговыми названиями: эластан, лайкра, вайрин, спандекс, эспа, неолан, спанцель, ворин, линел, дорластан и др. Полиуретановые нити — эластомерные нити, они способны к очень большому обратимым, так называемым высокоэластическим деформациям. Для них характерны высокое удлинение (разрывное

удлинение — 800 %), низкий модуль упругости, способность к упругому восстановлению в исходное состояние за очень короткое время (доля упругой деформации 90 -92%). Именно эта особенность определяет область применения полиуретановых нитей, они придают текстильным материалам высокую эластичность, упругость, формоустойчивость и несминаемость. [6, С.126]

Полиуретановые волокна имеют и недостатки. Под воздействием высокой температуры свойства волокна значительно ухудшаются. При выше 120°C, особенно в растянутом состоянии, происходит значительная потеря прочности. Под действием света полиуретановые волокна желтеют (этого в значительной степени можно избежать применением светостабилизаторов), а их механические свойства изменяются незначительно.

Ассортимент полиуретановых нитей определяется их назначением. Они могут служить в качестве вспомогательных при сращивании (соединении вместе) или выпускаются в виде обмотанных другими видами нитей. На основе эластомерных нитей в сочетании с нитями обычных видов производятся различные текстильные структуры — вторичные неоднородные крученые и обкрученные нити с неравномерно нагруженными компонентами. Из них изготавливаются эластичные ткани и трикотаж разнообразных видов.

Эластичные нити и эластичные полотна — незаменимый материал для облегающих тело текстильных изделий широкого ассортимента, в том числе трикотажных спортивных, галантерейных и медицинских.

Полиуретановые нити редко применяются в чистом виде, чаще выполняют роль каркасных нитей, вокруг которых навиваются другие нити. Изделие из таких нитей характеризуется повышенной комфортностью за счет высокой эластичности и при этом сохраняет все лучшие свойства и полное ощущение того вида волокна, которое использовалось для внешней обмотки (например, трехмерная лайкра, эластан-спандекс). [5, с. 127]

Из полиуретановых нитей в сочетании с другими (до 50%) изготавливают спортивные костюмы, купальники, женскую галантерею, медицинские изделия: эластичные бинты, лечебный трикотаж, трикотаж, используют в тканях для шитья костюмов, верхней одежды. Для изготовления изделий, которым эластичность просто необходима, женские колготки, чулочно-носочные изделия, — отличное решение пряжа, содержащая полиуретановые волокна. Одежда из данного материала способна растягиваться и красиво облежать фигуру.

Полиуретан в чистом виде редко используется для производства одежды из-за своих низких гигиенических свойств: такой материал совершенно не будет пропускать воздух и воду, низкая гигроскопичность способствует нарушению теплообмена человека.

Среди инновационных разработок — водные полиуретановые дисперсии, экологически безопасные текстильные покрытия. Речь идёт о специальной технологии покрытия для высококачественных поверхностей. Технология *valure* позволяет производить мягкие, шелковистые на ощупь, воздухопроницаемые материалы. В качестве основы можно использовать кожу, текстиль, синтетические, нетканые и даже упаковочные материалы. Структура поверхности тоже может быть любая: кожа, вельвет, технические поверхности, имитация природных поверхностей [7].

Среди высокотехнологичных инновационных материалов в текстильной отрасли на сегодняшний день все большую актуальность приобретают углеродные (карбон), гибридные (состоит из нескольких типов волокна) и арамидные (кевлар) ткани, углеродных и гибридных лент, мультиаксиальных тканей, препрегов на основе фенольных, эпоксидных и других смол. Данные материалы характеризуются сочетанием механической стойкости и легкости, благодаря чему они применяются в таких сферах, как аэрокосмическая промышленность, автомобильная и транспортная отрасли, оборонная промышленность, спортивный инвентарь, судостроение и др.

Свойства высокопрочных и высокомодульных углеродных и некоторых полимерных волокон превосходят характеристики стальных. Для углеродных и органических

полимерных волокон характерны низкая плотность, высокая удельная прочность при растяжении и высокое сопротивление динамическим нагрузкам. [8]

Ведущее положение среди композиционных материалов на основе синтетических полимеров занимают армированные пластики, главными компонентами которых являются волокно и полимерная матрица.

Уникальным видом упрочняющих волокон являются углеродные волокна (УВ). Объем применения углеродных волокон при изготовлении композиционных материалов постоянно возрастает, что объясняется

- по удельным показателям углеродные волокна превосходят все жаростойкие волокна;
- предел прочности высокомодульных УВ составляет 2,5-3,5 ГПа;
- модуль упругости равен 200-700 ГПа;
- плотность углеродных волокон (1600 – 1800) кг/м³ ниже плотности графита (2260 кг/м³), что связано с большой пористостью волокон и их менее совершенной структурой;
- высокая химическая стойкость к действию большинства агрессивных сред характерна для УВ.

Производство углеродных волокон основано на нагреве полимеров в инертной среде и их термической деструкции. [8]

При создании новых материалов главной задачей является улучшение комплекса физико-механических свойств, создание оптимальной структуры, которая соответствует условиям эксплуатации изделия из него. Полиуретаны в последние годы привлекают все большее внимание в качестве матрицы полимерных композиционных материалов на основе непрерывных армирующих волокон (ВПКМ) при производстве легких и одновременно высокопрочных конструкций.

Материалы на основе комбинации углеродных волокон и эпоксидной матрицы применяются уже давно в авиации, производстве спортивного инвентаря и др. Но вызывает интерес применение полиуретана в качестве матрицы ВПКМ вместо традиционной эпоксидной матрицы. В частности, ПУ-матрица может придавать изделиям из ВПКМ высокую ударную прочность и соответственно оптимальное поведение при ударном воздействии.

В настоящее время уже существуют системы rigoreg, предназначенные для переработки по технологии RTM (метод изготовления формированием в закрытой форме из двух полуформ), содержащие до 60% объема армирующих волокон и обеспечивающие ударную вязкость на уровне 130 кДж/м при 100%-ном поглощении энергии. Это на 100 % превышает соответствующие показатели эпоксидных углепластиков. Что касается упруго-прочностных свойств, то они вполне сопоставимы с таковыми у эпоксидных углепластиков. [9, с.22]

Одним из важнейших технологических процессов получения композиционного материала является пропитка текстильной преформы связующим. Пропитка – это процесс проникания (заполнения пор) жидкого полимерного связующего в пористую структуру преформы. Применяемые на практике пропиточные составы включают наряду с полимером отвердители, растворители, разбавители, поверхностно-активные вещества, красители и другие соединения. К сожалению, отечественные полимерные связующие ограничиваются рядом эпоксидных смол, которые имеют высокую вязкость. Для качественной пропитки преформы с объемной плотностью материала около 50 % применение эпоксидных связующих представляет большую проблему даже с применением технологий вакууммирования и инъектирования под большим давлением.

Очевидно, что для качественной пропитки преформы связующим необходимо, чтобы вязкость последнего приближалась к вязкости воды. Такими полимерными материалами являются ювелирные литьевые пластики. Кроме того, возможна их модификация

пластификаторами и увеличение времени отверждения полимера, что очень важно для процесса получения композиционных материалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Портал medbe.ru. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://medbe.ru/materials/stomatologicheskoe-materialovedenie/polimernye-kompozity-i-modifitsirovannye-polikislotami-polimernye-kompozity/>
2. Смирнова А.М. Применение пластика в дизайне интерьеров и сувенирной продукции/ Вестник Костромского государственного технологического университета. – 2014. – №2 (33). С. 66-69.
3. Торговый Дом РТИ . Электронный ресурс. Режим доступа: http://www.rtitd.ru/pol.htm?_openstat=ZGlyZWN0LnlhbmRleC5ydTs1NTE1MDc3OzExMjgyMzE0ODt5YW5kZXgucnU6Z3VhcmFudGVl&ycli
4. Марина Народовая. Композитам кризис не помеха / Еженедельник СНАБЖЕНЕЦ. – № 20 (715), май-июнь 2010 г.
5. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://www.pokupkalux.ru/article/polimery.html>
6. Новинки в текстильных волокнах: Информационно-методические материалы: дайджест / Сост. В.А. Брезгина. – Екатеринбург: ПРЦ ППТиМП, 2011. – 176 с.
7. Вместе за экологичные покрытия текстильных полотен/ ФАПУ– полиуретановый бюллетень. Выпуск 5. 2014. – ноябрь 2014. Электронный ресурс: <http://plast-polimer.ru/wp-content/uploads/2014/11/FAPU-86-RUS-Newsletter1.pdf>
8. Бондалетова Л.И. Полимерные композиционные материалы (часть 1): учебное пособие / Л.И.Бондалетова, В.Г.Бондалетов. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. –118с
9. И. Клеба, д-р, Ю. Эмиг, Т. Мак, д-р, Ruehl Puromer GmbH (г.Фридрихсдорф, Германия) Изготовление легких конструкций из полиуретановых композитов: современное состояние и перспективы//Полимерные материалы. – №2. 2014.

УДК 677.027.523.5

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРОМЫВКИ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ, КОЛОРИРОВАННЫХ АКТИВНЫМИ КРАСИТЕЛЯМИ

IMPROVING OF WASHING TEXTILE MATERIALS PROCESS COLORING WITH REACTIVE DYES

И.М. Кружилина, О.И. Одинцова, О.А. Белокурова
I.M. Kruzhilina, O.I. Odintsova, O.A. Belokurova

Ивановский государственный химико-технологический университет
Ivanovo State University of Chemistry and Technology
E-mail: belochka95-09@mail.ru

Проведена комплексная оценка влияния новых отечественных ПАВ различной природы на эффективность процесса промывки текстильных материалов, колорированных активными красителями. Разработаны композиционные составы моющих средств, обеспечивающие высокую устойчивость окрасок к бытовым стиркам.

Ключевые слова: промывка текстильных материалов, активные красители, ПАВ, моющие средства.

The complex assessment of the impact of new domestic surfactants of different nature on the efficiency of the washing of textiles, coloring of reactive dyes. Developed composite compositions of detergents, providing high resistance to household stains wash.

Keywords: washing of textile materials, reactive dyes, surfactants, detergents.

Активные красители являются одним из наиболее молодых и быстроразвивающихся классов красителей, потребление которых в мире увеличивается в среднем на 4% в год. Отмеченная динамика производства и потребления активных красителей обусловлена исключительно высокими показателями устойчивости окрасок к мокрым обработкам, широким цветовыми охватом, яркостью окрасок, сравнительной простотой технологии применения.

Важное значение в процессах колорирования активными красителями имеет операция промывки текстильных материалов, на которую возложено полное удаление с ткани незафиксированного и гидролизованного красителя, различных ТВВ, а также определенное воздействие на физико-химическое состояние красителя в волокне, приводящее к повышению яркости, насыщенности и устойчивости окраски.

Наиболее перспективным решением проблемы повышения эффективности этого процесса является интенсификация промывки посредством применения новых современных моющих ТВВ.

Цель настоящего исследования состояла в разработке эффективных препаратов для промывки целлюлозных текстильных материалов, колорированных активными красителями.

Проведена оценка влияния новых ПАВ различной природы (производства ООО «Завод синтанолов», г. Держинск Нижегородской обл.) на эффективность процесса промывки текстильных материалов, колорированных активными красителями. В качестве моющих препаратов испытаны следующие продукты: сульфэтоксилаты жирных спиртов марок Б1 и Б3, синтанолы марок БВ, АЛМ-5, АЛМ-7, АЛМ-10 и оксиэтилированное рапсовое масло (ОРМ). На рис.1-3 приведены кинетические кривые десорбции активного бирюзового 23Т в промывные ванны при различной температуре (40°C, 60°C и 90°C).

Из полученных данных видно, что максимальное количество красящих частиц десорбируется в промывную ванну с текстильного материала при использовании производных жирных спиртов со степенью оксиэтилирования равной 7-10.

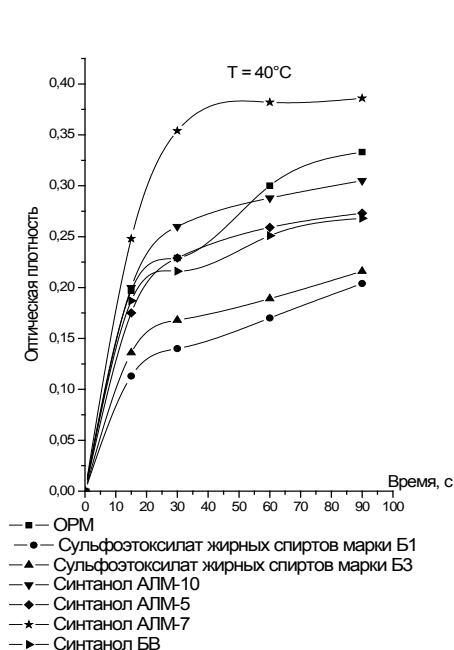


Рис.1. Кинетика десорбции активного бирюзового 23Т при температуре 40°C

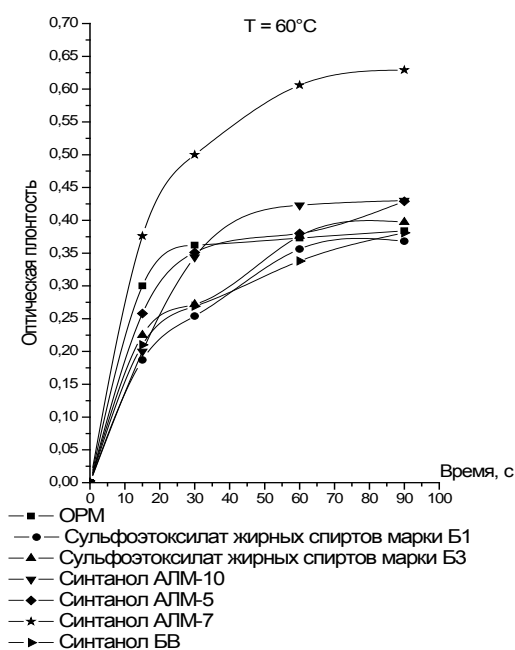


Рис.2. Кинетика десорбции активного бирюзового 23Т при температуре 60°C

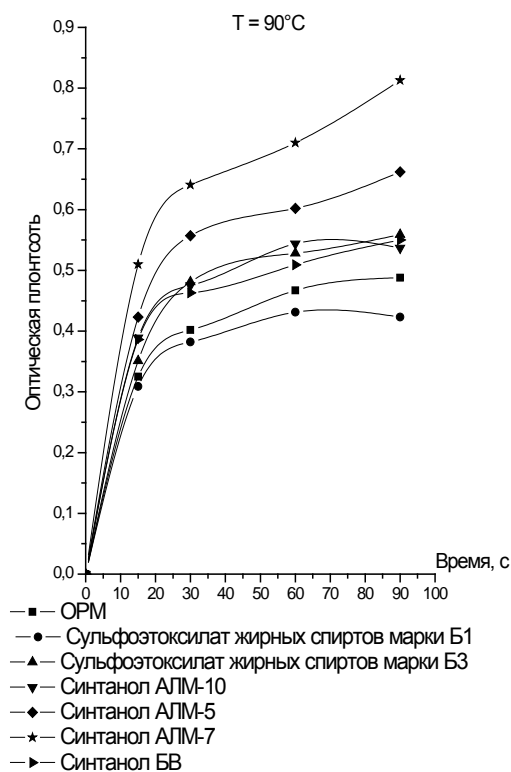


Рис.3. Кинетика десорбции активного бирюзового 23Т при температуре 90°C

С целью создания экономичных моющих препаратов с высокой эффективностью действия в широком интервале температур исследованы различные комбинации продуктов, в том числе с микродобавками специальных ТВВ для интенсификации процесса отмывки текстильных материалов. В соответствии с выбранными критериями оценки ПАВ (моющая способность, степень десорбции красителя с текстильного материала, пенообразование раствора ПАВ, устойчивость окрасок промытых тканей к мокрым обработкам) обоснованы составы моющих композиций и разработаны новые текстильно-моющие средства, которые могут быть рекомендованы к использованию на текстильных предприятиях.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОДООТТАЛКИВАЮЩИХ СВОЙСТВ ГИДРОФОБНОГО ТЕКСТИЛЬНОГО МАТЕРИАЛА

RESEARCHING OF WATER-REPELLENT PROPERTIES OF HYDROPHOBIC TEXTILE MATERIAL

Н.К. Куанбай, А.М. Кенжебаева, А.К. Баданова
N.K. Kuanbay, A.M. Kenzhebayeva, A.K. Badanova

Алматинский технологический университет (Казахстан)
Almaty Technological University, the Republic (Kazakhstan)
E-mail: nazik_94@list.ru; smile_aknur@mail.ru; aika.e-mail@mail.ru

В работе представлены результаты научных исследований по изучению гидрофобных свойств целлюлозной ткани, модифицированной новым способом водоотталкивающей отделки. Исследование гидрофобных свойств текстильного материала, модифицированного реакцией полиуретанирования, позволило оценить его водоотталкивающую способность. Установлено, что показатели краевых углов смачивания достигают более 130°.

Ключевые слова: гидрофобность, краевой угол смачивания, реакция полиуретанирования, химическая модификация, целлюлозное волокно, синтез полиуретана.

In this work there are presented the results of scientific researches of hydrophobic properties of cellulosic fabric modified by new way of water-repellent finish. The research of hydrophobic properties of textile material modified by polyurethane formation reaction allowed to estimate its water resistance. It was found that contact angles of wetting increases over than 130°.

Keywords: hydrophobicity, contact angle of wetting, the polyurethane formation reaction, chemical modification, cellulosic fiber, synthesis of polyurethane.

Основные тенденции развития мирового рынка требуют повышения качества текстильного материала, объективность аттестации их при экспорте и импорте. Для изготовления одежды специального назначения широко применяются ткани с водоотталкивающей отделкой, исходные свойства которых в полной мере удовлетворяют предъявляемым к ним требованиям, в частности требованиям безопасности продукции [1].

Текстильные материалы, изделия из них, одежда характеризуются биологической и химической безопасностью, показатели которой устанавливаются в зависимости от их функционального назначения и сырьевого состава.

Традиционные химические технологии придания текстильным материалам гидрофобных свойств не всегда обеспечивают сохранение эксплуатационных свойств текстильного материала, в частности воздухопроницаемости материала, на должном уровне; колористических свойств, цветовых характеристик текстиля, что является основными требованиями по обеспечению безопасности текстильных материалов бытового и специального назначения.

Существенным недостатком существующих способов водоотталкивающей отделки целлюлозных текстильных материалов является длительное время термообработки при повышенных температурах. Другим недостатком является применение большого количества химических препаратов. Сохранение всех вышеуказанных свойств и улучшение технологичности процесса гидрофобизации текстильных материалов в рассмотренных способах не достигается одновременно. Повышение качественного показателя гидрофобизированного текстильного материала делает его более универсальным, что не всегда достигается существующими способами и технологиями.

Одним из инновационных способов решения данной проблемы может быть применение для гидрофобной отделки полиуретанов, что является весьма интересным

направлением, так как свойства полиуретана можно регулировать путем различного сочетания гибких и жестких сегментов в его структуре. Однако, применение существующих полиуретановых композиций для обеспечения гидрофобных свойств не всегда удовлетворяет всем эксплуатационно-гигиеническим требованиям, среди которых первостепенными являются паро- и воздухопроницаемость текстильного материала.

В данной работе исследован способ гидрофобной отделки целлюлозного волокна путем модификации поверхности волокна реакцией полиуретанирования. Водоотталкивающие свойства достигаются за счет синтеза тонкой, непрерывной полимерной пленки на волокне. Образующаяся пленка сглаживает поверхность волокна и придает повышенную стойкость к истиранию, предотвращает попадание внутрь волокна влаги с сохранением межволоконного пространства, что обеспечивает сохранение воздухопроницаемости ткани [2, 3].

При гидрофобной отделке текстильных материалов предполагается применение низкоэнергетических покрытий, обеспечивающих водоотталкивающие свойства. Основной принцип – изменение энергетики поверхности, через изменение ее химической природы с помощью специальных препаратов, содержащих в молекулах неполярные, гидрофобные группы [4].

Применение реакции полиуретанирования для придания гидрофобных свойств обосновано тем, что в процессе взаимодействия полиэтиленгликоля ПЭГ (10 000), толуилен–2,4–диизоцианата и целлюлозы на поверхности волокна образуется полиуретановая пленка, содержащая в своей химической структуре гидрофобные группы, имеющиеся как в жестких, так и в гибких сегментах образующегося полиуретана. Реакция полиуретанирования на целлюлозном волокне основана на принципе синтеза полиуретанов, но отличается тем, что на ней полностью исключается применение отвердителя полиуретана – диамина. Реакция полиуретанирования обеспечивает привитие пленки к волокну за счет образования ковалентной полярной связи, что обеспечивает устойчивость отделки к стирке. Полиуретановая пленка сглаживает поверхность волокон, предохраняет ее от истирания, попадания внутрь волокна влаги с сохранением межволоконного пространства, что обеспечивает сохранение воздухопроницаемости ткани [5, 6].

В работе была использована костюмная ткань, цвет темно-зеленый, арт. 08с111(лен 44%, хлопок 56%), которая была подвергнута гидрофобной отделке с использованием реакции полиуретанирования.

В работе были исследованы водоотталкивающие свойства текстильного материала. Исследованы краевые углы смачивания гидрофобизированной ткани водой. На рис.1 представлен снимок поверхности необработанной ткани, где показано, что капля воды впиталась в ткань.



Рис.1. Необработанная ткань

На рис.2 представлен снимок поверхности гидрофобизированной ПЭГ (10000) и 2,4-ТДИ, где четко видно, что на поверхности ткани капля воды не впитывается в текстильный материал и приобретает сферическую форму.



Рис.2. Капля воды на поверхности обработанной ткани (ПЭГ (10 000) 5 г/л; 2,4-ТДИ 6 мл/л; температура термообработки -180°C)

На рис. 3 образец ткани, обработанный при концентрации ПЭГ (10 000) 5 г/л; 2,4-ТДИ 18мл/л; температура термообработки -180°C .

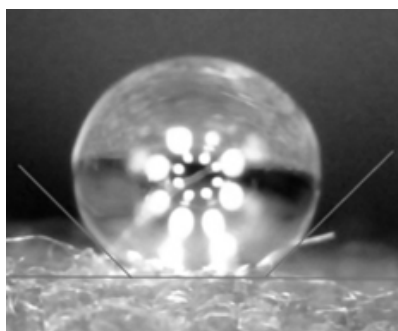
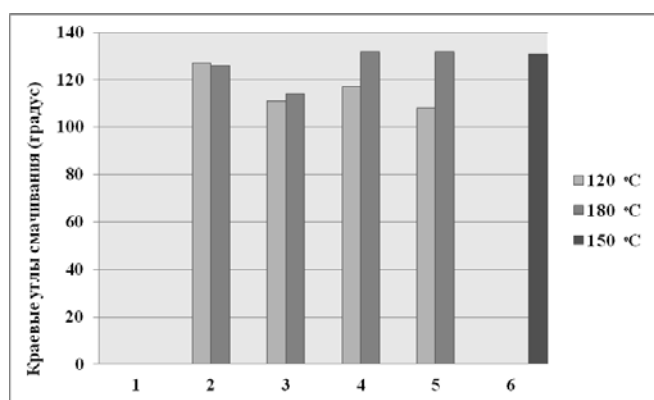


Рис.3. Капля воды на поверхности обработанной ткани (ПЭГ (10 000) 5 г/л; 2,4-ТДИ 18мл/л; температура термообработки -180°C)

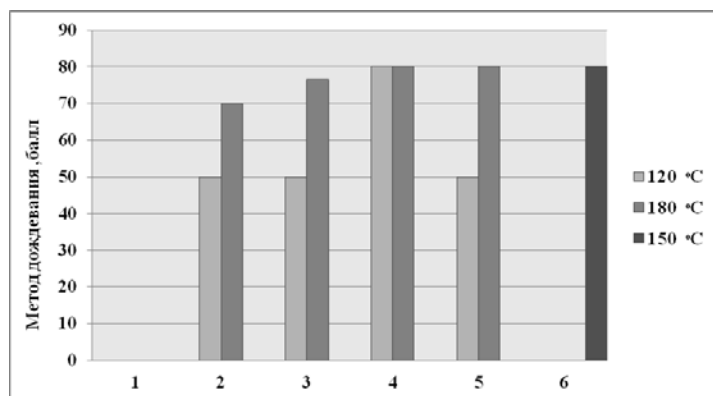
Значения краевых углов смачивания представлены на рисунке 5. Выявлено, что с увеличением температуры термообработки увеличиваются значения краевых углов смачивания. При повышении концентрации ПЭГ значения краевых углов смачивания снижаются. При концентрации ПЭГ (10 000) 15 г/л и 2,4 -ТДИ 18 г/л краевые углы при 120°C меньше, чем 180°C , что показывает положительное влияние температуры термообработки и улучшение синтеза полиуретана на волокне.



- 1) Необработанная ткань
- 2) ПЭГ (10 000) – 5 г/л; 2,4 –ТДИ – 6 г/л
- 3) ПЭГ (10 000) – 15 г/л; 2,4 –ТДИ –6 г/л
- 4) ПЭГ (10 000) – 5 г/л; 2,4 –ТДИ – 18 г/л
- 5) ПЭГ (10 000) – 15 г/л; 2,4 –ТДИ –18 г/л
- 6) ПЭГ (10 000) – 10 г/л; 2,4 –ТДИ –12 г/л

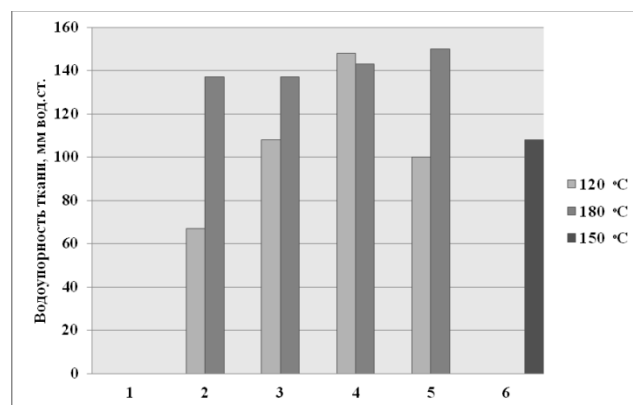
Рис.4. Влияние концентрации препаратов и температуры термообработки на показатели краевых углов смачивания целлюлозной ткани

Водоотталкивающие свойства гидрофобного текстильного материала оценивались также по показателям дождевания [7] и водоупорности [8]. На рисунках 5 и 6 представлены результаты исследования этих показателей. По полученным результатам видно, что улучшение показателей наблюдается с увеличением температуры термообработки от 120 до 180°C.



- 1) Необработанная ткань
- 2) ПЭГ (10 000) – 5 г/л; 2,4 –ТДИ – 6 г/л
- 3) ПЭГ (10 000) – 15 г/л; 2,4 –ТДИ –6 г/л
- 4) ПЭГ (10 000) – 5 г/л; 2,4 –ТДИ – 18 г/л
- 5) ПЭГ (10 000) – 15 г/л; 2,4 –ТДИ –18 г/л
- 6) ПЭГ (10 000) – 10 г/л; 2,4 –ТДИ –12 г/л

Рис.5. Влияние концентрации препаратов и температуры термообработки на водостойкость целлюлозной ткани



- 1) Необработанная ткань
- 2) ПЭГ (10 000) – 5 г/л; 2,4 –ТДИ – 6 г/л
- 3) ПЭГ (10 000) – 15 г/л; 2,4 –ТДИ –6 г/л
- 4) ПЭГ (10 000) – 5 г/л; 2,4 –ТДИ – 18 г/л
- 5) ПЭГ (10 000) – 15 г/л; 2,4 –ТДИ –18 г/л
- 6) ПЭГ (10 000) – 10 г/л; 2,4 –ТДИ –12 г/л

Рис. 6. Влияние концентрации препаратов и температуры термообработки на показатели водоупорности целлюлозной ткани

Выводы.

Установлено, что текстильные материалы, обработанные ПЭГ (10000) и 2,4- ТДИ, приобретают водоотталкивающие свойства с сохранением воздухопроницаемости. Ткань приобретает ультра гидрофобные свойства, что обеспечивается достижением показателей

краевых углов смачивания текстильного материала более 130°. Ткань проявляет водоупорные свойства, достигающие 150 мм водного столба.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Н.Е. Булушев, Базовый лабораторный практикум по химической технологии волокнистых материалов, 2000, стр. 371
2. А.К.Баданова//Модификация поверхности целлюлозного волокна для придания гидрофобных свойств// Сборник материалов XVII Международного научно-практического семинара «Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы» (SMARTEX - 2014), 28 – 30 мая 2014 года, – Иваново: ИВГПУ, 2014, С. 109-113.
3. Баданова А.К., Кричевский Г.Е., Таусарова Б.Р., Кутжанова А.Ж., Баданов К.И. Разработка и исследование нового способа гидрофобной отделки целлюлозных текстильных материалов // Вестник Алматинского технологического университета. – Алматы, 2014. – Выпуск 2 (103). – С. 23-30.
5. Баданова А.К., Кричевский Г.Е., Таусарова Б.Р., Кутжанова А.Ж.. Применение реакции полиуретанирования для придания гидрофобных свойств целлюлозным текстильным материалам // Вестник ТарГУ имени М.Х. Дулати «Природопользование и проблемы антропосферы»: международный научный журнал. – Тараз, 2014. – №1. – С. 192-200.
6. Баданова А.К., Кричевский Г.Е., Таусарова Б.Р., Кутжанова А.Ж.. Hydrophobic finishing of cellulosic textile material // Scopus/World Applied Sciences Journal 30 (10): 1409-1416, 2014. DOI: 10.5829/idosi.wasj.2014.30.10.14188
7. А.К. Баданова, А.Ж. Кутжанова, Г.Е. Кричевский, М.А. Фролова исследование краевых углов смачивания и гистерезиса смачивания гидрофобизированных текстильных материалов // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности /Scopus/№ 3 (357) 2015, С. 54-58.
8. ГОСТ 30292-96 (ИСО 4920-81). Плотна текстильные. Метод испытания дождеванием. М.: ИПК Издательство стандартов.1998
9. ГОСТ 3816–81 (ИСО 811–81). Плотна текстильные. Методы определения гигроскопических и водоотталкивающих свойств. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1997. – 14 с.

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЙ СПОСОБ ПАРОВОЙ ФИКСАЦИИ КРАСИТЕЛЕЙ НА ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛАХ

RESOURCE-SAVING METHOD OF STEAM FIXING OF DYES ON TEXTILE MATERIALS

А.К. Баданова¹, К.И. Баданов², Р.Р. Баданова²
A.K. Badanova¹, K.I. Badanov², R.R. Badanova²

Алматинский технологический университет (Казахстан)
Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати (Казахстан)
Almaty Technological University (Kazakhstan)
Taraz State University named after M. Kh. Dulati (Kazakhstan)
E-mail: aika.e-mail@mail.ru, kenzebad@mail.ru

В статье рассмотрено использование запарной установки, которая позволяет: проводить закрепление различных красителей на текстильных материалах; менять вид теплоносителя; менять время обработки; сократить энергопотери теплоносителя. В качестве теплоносителя можно использовать насыщенный водяной пар и пары азеотропных смесей.

Ключевые слова: паровая фиксация, запаривание, краситель, текстильный материал, запарное устройство, колориметр, насыщенность окраски.

In this article there are presented the use of steaming device, which allows: to carry out fixing of various dyes in textile materials; to change the appearance of coolant; to change the processing time; to reduce energy loss of coolant. Saturated water steam and the vapor of azeotropic mixtures can be used as the coolant.

Keywords: steam fixation, steaming, dye, textile material, steaming device, colorimeter, color saturation.

При внедрении новой технологии крашения, печатания, либо при использовании новых классов красителей и определении оптимальных условий крашения и печатания возникает ряд вопросов технического характера. Прежде всего это воспроизводимость результатов лабораторных исследований в условиях цеха на промышленном оборудовании. До настоящего времени в лабораториях текстильных предприятий широко используется метод выкраски образцов в химстаканах, фиксация красителей после печатания текстильных материалов в кастрюлях и т.д. При этом естественно допускается большой разброс температуры крашения и фиксации красителей, не учитывается особенность паровой обработки напечатанных материалов, в частности давление пара, насыщенность пара и т.д. Как следствие, при внедрении результатов лабораторных исследований непосредственно в промышленных условиях на промышленном оборудовании получается либо непрокрас, либо неровнота окраски, либо краситель выбирается и фиксируется на текстильном материале не полностью. В связи с этим разработка и внедрение в производство новых установок, позволяющих воспроизводить условия работы промышленного оборудования и варьировать эти условия, является важной научно-технической задачей [1].

Для закрепления окраски на тканях и трикотажных полотнах используются различные устройства. Запарные аппараты в основном выпускаются фирмами Италии, США, Японии, России. Выбор запарного аппарата определяется техническими возможностями предприятия, экономическими соображениями и качественными показателями окрашенного текстильного материала [2].

Для предприятий текстильной промышленности остро встает вопрос о возможности проведения исследований для определения оптимальных условий при фиксации красителей. Это обусловлено тем, что отсутствуют модельные запарные установки на которых можно проводить исследования по влиянию различных факторов на фиксацию окраски. Кроме

этого, модельные установки должны создавать условия фиксации окраски, максимально приближенные к промышленному запарному оборудованию.

В ТарГУ им. М.Х.Дулата создана запарная установка [3], которая позволяет: проводить закрепление различных красителей на текстильных материалах; менять вид теплоносителя; менять время обработки; сократить энергопотери теплоносителя. В качестве теплоносителя можно использовать насыщенный водяной пар и пары азеатропных смесей.

Конструкция устройства (рис.1) представляет две отдельные емкости, соединенные между собой трубой для подачи пара. Одна емкость представляет собой закрытый цилиндр с установленной в него рабочей камерой, содержащую патрубки распределения пара и приспособления крепления обрабатываемых образцов. Внутренняя конструкция смонтирована таким образом, что предотвращается прямой контакт пара со стенками внешнего цилиндра, тем самым сохраняется полезная энергия пара. Экономичное использование энергии теплоносителя обуславливается и установкой паротражателей, выполненных в виде конусов, которые отражают отработанный пар во внутреннюю часть внешнего цилиндра и в то же время предотвращают образование “капели”. Образование и накопление пара происходит во второй емкости за счет электронагревателя. Уровень воды (или ее растворов) контролируется по уровнемеру, совмещенному с водяным манометром. Давление пара и его подача в рабочую камеру контролируется по водяному манометру. Отработанный пар направляется в конденсатор и далее снова возвращается в емкость образования пара. Таким образом, экономится расход электроэнергии на образование пара. Устройство позволяет проводить обработку текстильных материалов равномерно по всей его площади, как с лицевой, так и изнаночной сторон. Время фиксации регулируется запорным вентилем.

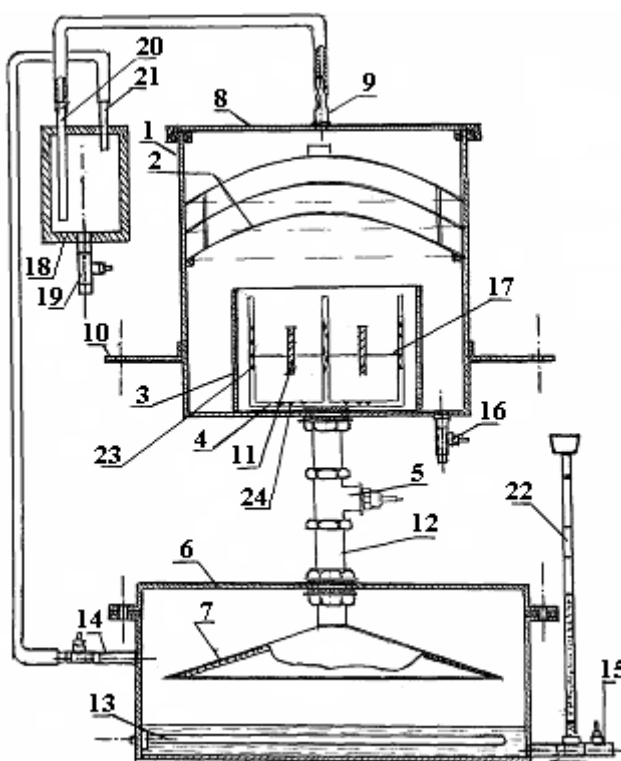


Рис. 1. Устройство для паровой фиксации красителей на текстильных материалах

Устройство работает следующим образом: в парообразователь 6, соединенный с уровнемером, наливается вода (или ее растворы) до необходимого уровня, который устанавливается экспериментально. Парообразователь 6 соединен с водяным манометром 22. Вентиль 5 закрывается до упора. Включается электронагреватель 13. Открывается крышка 8, вынимаются конусообразные паротражатели 2 и в рабочую камеру 3 между патрубками

распределения пара 4 на специальных креплениях 17 размещается текстильный материал 11. Конусообразные пароотражатели 2 устанавливаются на место, закрывается крышка 8. Патрубок 9 соединяется с трубкой 20 пароконденсатора 18, а трубка 21 соединяется с патрубком 14, при этом кран патрубка 14 находится в закрытом положении. По водяному манометру контролируют давление водяного пара и при достижении верхнего значения открывают вентиль 5. Пар по патрубкам распределения пара через отверстия в патрубках направленно подается к текстильному материалу как вдоль поверхностей материала, так и перпендикулярно их. Давление пара поддерживают в оптимальном режиме по водяному манометру 22. Оптимальное давление пара определяют экспериментально для каждого вида волокна. Время обработки текстильного материала варьируют запорным вентиляем 5. Лучший забор пара в парообразователе 6 обеспечивается конусообразным заборником 7. Отработанный водяной пар из камеры 3 устремляется вверх и отражается первой конусообразной тарелью 2 снова по направлению к рабочей камере 3. Часть пара, прошедшая первую тарель отражается второй и третьей конусообразными тарелями. Конусность тарелей обеспечивает стекание конденсата к краям внешнего цилиндра 1 и тем самым предотвращается прямая “капель” воды на текстильный материал. Система тарелей отражает пар во внутреннюю часть устройства к рабочей камере и позволяет более эффективно использовать энергию пара для фиксации красителей. Та часть пара, которая прошла к крышке 8 внешнего цилиндра 1 собирается в пароконденсаторе 18 и через трубку 21 снова подается в парообразователь 6 через патрубок 14. Это позволяет уменьшить расход электроэнергии на образование пара. Конденсат из пароконденсатора 18 и внешнего цилиндра 1 сливается через краны 19, 16 и снова используется в парообразователе, что также снижает затраты на парообразование.

Необходимым условием хорошего выхода красителей из печатной краски при запаривании является образование достаточного количества влаги на полотне для растворения компонентов печатной краски и переноса его в волокно. Увлажнение напечатанного полотна происходит за счет конденсации пара. При поглощении пара происходит набухание целлюлозного волокна и за счет этого возможно проникновение в него красителя. Помимо набухания волокна происходит разжижение загустки, растворение компонентов печатной краски, диффузия красителя и его сорбция волокном. При недостаточности влаги даже значительная часть красителя остается в загустке и смывается с ткани при промывке. Это может происходить при работе с перегретым паром: в этом случае и увеличение времени пребывания полотна в зрельнике не дает положительных результатов.

Устройство для паровой фиксации красителей было использовано при печатании хлопчатобумажной ткани. Состав печатной краски с кубовым красителем в пасте: краситель, глицерин, поташ, ронгалит, трагант. Нанесение рисунка на ткань проводили с помощью сетчатого шаблона. Площадь печатного рисунка составила 60% от общей поверхности образца. После печати полотно высушивали при $t=75^{\circ}\text{C}$ в течение 20 минут. После этого образцы запаривали в предлагаемом запарном устройстве в течение 5, 10, 15, 20, 25 минут. Давление пара поддерживали постоянным по водяному манометру.

После запаривания проводили окисление кубового красителя на ткани в растворе перекиси водорода 5 г/л при $t=20-25^{\circ}\text{C}$ в течение 5 мин. Образцы промывали в растворе СМС 3-5 г/л при $t=100^{\circ}\text{C}$ в течение 10 мин. Высушивали в термошкафе. Качество окраски определяли по колориметрическим показателям.

Колористическая оценка окраски проводилась на спектроколориметре «Спектротон». Колориметр «Спектротон» предназначен для измерения координат цветности нелюминесцирующих прозрачных и отражающих образцов в системе X, Y, Z, установленной международной комиссией по освещению (МКО) для стандартного наблюдателя, при источнике света с ГОСТ 7721-76 в спектральном диапазоне 380-720 нм с числом точек выборки спектральной информации не менее 24, а также для цветовых различий, насыщенности, светлоты, цветового тона, цветовых различий по светлоте и показателей белизны. Качество печати проверяли по насыщенности и четкости контура рисунка, по

близне фона. Белизну фона оценивали в 7 точках образца на «Спектроколориметре». Полученные в работе экспериментальные данные обработаны методом математической статистики на ЭВМ.

Наиболее интенсивными выглядят образцы, запаренные в течение 10 мин. При 20 мин запаривании наблюдается расплывчатость контуров. Измерение колористических показателей S, L, T показало, что насыщенность окраски выше при 5 минутном запаривании и составляет 82,43.

Таблица 1

Насыщенность окраски (S) напечатанных образцов кубовым желтым от времени запаривания

Насыщенность(S) окраски	Время запаривания, мин				
	5	10	15	20	25
1 точка	82,51	78,50	72,57	80,46	69,74
2 точка	81,78	78,29	72,21	80,58	66,22
3 точка	83,01	78,41	67,99	80,37	70,77
Сред. арифм.	82,43	78,40	70,92	80,47	68,91
Коэфф.неров.,%	0,31	0,01	6,09	0,01	5,51
Коэфф.вар.,%	0,75	0,13	3,59	0,13	3,46

При 10 минутном запаривании насыщенность составляет 78,40. В первом случае коэффициент неровноты 0,31%, а коэффициент вариации 0.75% против 0,01% и 0,13%, соответственно. При 5 минутном запаривании краситель меньше диффундирует в толщу полотна и остается на его поверхности. Это подтверждает и измерение светлоты окраски, которая составляет L=73 для 5 мин против L=75 для 10 мин запаривания. Так как краситель не продиффундировал вглубь полотна и остается на его поверхности, то он активно смывается при промывке, что неизбежно ведет к снижению интенсивности окраски. Это подтверждено экспериментально. Увеличение светлоты при запаривании напечатанных образцов происходит в интервале от 5 до 15 мин. Увеличение светлоты, вероятно, связано с тем, что краситель лучше диффундирует в толщу полотна при увеличении времени запаривания. Однако, после 15 мин запаривания наблюдается уменьшение светлоты. Это, вероятно, связано с дополнительной диффузией отдельных компонентов печатной краски в местах ее нанесения в толщу полотна. Если краситель диффундирует с поверхности в глубинные слои субстрата, то, естественно, будет наблюдаться уменьшение насыщенности окраски на поверхности полотна. Наложение компонентов печатной краски на основную окраску при запаривании приводит к некоторому изменению тональности окраски. Так как компоненты печатной краски по молекулярной массе уступают массе красителя, то они должны быстрее и глубже проникать во внутренние слои полотна при увеличении длительности запаривания, что также подтверждается экспериментальными данными. Изменение тональности основной окраски в пределах запаривания от 5 до 25 мин составляет 2 условные единицы. Например, при 5 мин запаривания тон окраски (T) напечатанных образцов кубовым желтым составил T=77,6, а максимальное изменение тональности при 15 мин составляет T=80,48. Данные изменения тональности не воспринимаются зрительно органами зрения человека. Во всех случаях запаривания устойчивость окраски хлопчатобумажной ткани кубовым желтым в пасте составляет 5 баллов.

На основании полученных экспериментальных данных можно сделать предварительный вывод о том, что оптимальное время запаривания напечатанных образцов в предлагаемом устройстве составляет 7-12 мин. Это согласуется с литературными данными по применению кубовых и активных красителей в промышленных условиях. Таким образом, можно сделать вывод, что предлагаемое устройство позволяет воспроизвести необходимые технологические условия для диффузии красителей. Создана конструкция установки для

паровой фиксации красителей на текстильных материалах, позволяющая поддерживать постоянным давление пара в зоне обработки текстильного материала. В конструкции использован метод паровых сопел для принудительного прохождения пара через напечатанный текстильный материал. Внутренняя конструкция устройства сконструирована таким образом, что достигается максимальное использование образующегося пара. Время разогрева и образования пара оптимального давления составляет 1 час.

Эффективное время запаривания при использовании устройства для запаривания напечатанных образцов кубовыми красителями составляет 7-12 мин, что позволяет получать высокоустойчивые окраски без ухудшения фона и контуров рисунка.

Режим обработки текстильных материалов с целью фиксации различных красителей в предлагаемом устройстве имеет ряд преимуществ:

- предотвращается образование “капели” на текстильном материале, исключается возможность растекания окраски при ее фиксации, улучшается качество окраски текстильного материала;

- обеспечивается равномерность обработки текстильного материала по всей площади, как с изнаночной, так и с лицевой стороны, что способствует проникновению красителей во внутреннюю структуру материала и его качественной фиксации.

Технический результат от использования предлагаемого устройства при фиксации различных красителей на текстильных материалах включает возможность:

- менять вид теплоносителя (пары воды, ее растворов или азеатропных смесей) в зависимости от природы волокнистого состава текстильного материала, вида красителей и используемых текстильно-вспомогательных веществ;

- оперативно подобрать оптимальные параметры паровой обработки при фиксации красителей (давление паров, время обработки);

- сократить расходы энергоресурсов (электроэнергии, пара) за счет повторного использования энергии отработанного пара при фиксации красителей без ухудшения показателей качества окраски и ее устойчивости к физико-химическим воздействиям;

- подобрать оптимальный вид пароносителя (вода, водный раствор, азеатропная смесь);

- при фиксации кубовых красителей увеличивается степень диффузии красителя во внутренние слои материала и его фиксация за счет более эффективного воздействия паровой среды, что уменьшает сход незафиксированного красителя с материала и его сброс в сточные воды при последующих промывках.

Конструкция проста в изготовлении. Может быть использована в химлабораториях красильных и печатных цехов отделочных предприятий текстильной промышленности, НИИ, Вузов текстильного профиля при проведении научно-исследовательских работ по изучению влияния различных факторов на степень фиксации красителей с целью разработки оптимальных режимов обработки напечатанных и пропитанных текстильных материалов. Устройства подобной конструкции могут быть рекомендованы малым предприятиям, т.к. их изготовление доступно в условиях РМЦ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мельников Б.Н. Современное состояние и перспективы развития технологии крашения текстильных материалов. - М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. - 232 с.
2. Химическая технология текстильных материалов: Учебник для вузов / Г.Е. Кричевский, М.В.Корчагин, А.В.Сенахов. - М.: Легпромбытиздат, 1985. - 640 б.
3. Баданов К.И., Кауымбаев Р.Т., Баданова Р.Р. Устройство для жидкостной обработки текстильных материалов. А.с №49741, Комитет по правам интеллектуальной собственности Министерства юстиции Республики Казахстан, 2007 г.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РЕЖИМОВ ОБРАБОТКИ ЛЬНЯНОЙ РОВНИЦЫ В ЭХА РАСТВОРАХ, ПРИ ПОДГОТОВКЕ ЕЕ К ПРЯДЕНИЮ

THE IMPROVEMENT OF MODES OF PROCESSING OF FLAX ROVINGS IN ECHO SOLUTIONS IN PREPARING IT FOR SPINNING

Ю.А. Собашко

Y.A. Sobashko

Костромской государственной технологической университет

Kostroma state technological University

E-mail: kgtu-sobashko-ya@mail.ru

В статье обосновывается выбор режимов обработки льняной ровницы в ЭХА растворе. Приводятся результаты переработки ровницы в пряжу.

Ключевые слова: льняная ровница, прядение, катодит, релаксация, электрохимически активированные растворы.

The article substantiates the selection of modes of processing of flax rovings in ECHO cancellation solution. The results of the processing of the roving into yarn.

Keywords: flax roving, spinning, catholyte, relaxation, electrochemically activated solutions.

Применение ЭХА растворов для подготовки ровницы к прядению позволяет отказаться от экологически вредных реагентов и существенно сократить энергозатраты за счет сокращения времени обработки и температуры растворов [1-4]. Кроме того, использование ЭХА растворов позволяет существенно снизить загрязнение сточных вод и улучшить экологическую обстановку в местах их выбросов [8,9].

В [5] описан процесс релаксации ЭХА растворов, полученных с использованием трех солей NaCl, Na₂CO₃ и NaHCO₃. Установлено, что для создания минерализации при получении катодита следует использовать поваренную соль NaCl. В работах [5, 6] проведено обоснование выбора времени и режимов обработки ровницы в ЭХА растворах. Получено, что обработка в ЭХА растворах позволяет разрушать связи между элементарными волокнами в технических комплексах волокон льна. Так же определены рациональные параметры (время и температура) обработки ровницы в катодите. Проводились эксперименты по контролю изменения рН катодита нагретого до 60°C от времени. Оказалось, что при повышенной температуре активность ЭХА растворов интенсивно снижается. Для обеспечения требуемого рН к началу обработки необходимо принять дополнительные меры для ее поддержания. Одной из таких мер может быть использование катодита, полученного из разогретой воды [7]. Еще одним существенным фактором, влияющим на активность ЭХА растворов, может выступать сам процесс взаимодействия раствора с обрабатываемым текстильным продуктом. Проводился эксперимент по определению изменения рН катодита в процессе обработки ровницы. Установлено, что необходима замена раствора на свежеприготовленный в течение первого часа обработки.

Эксперименты по отработке режимов подготовки ровницы к прядению в катодите проводились на ровнице с линейной плотностью 754 текс из смеси льняного волокна №№ 14-16, выработанной в прядильной лаборатории Костромского научно-исследовательского института льняной промышленности (КНИИЛП). Ровница перематывалась в малые пробы, которые подвергались обработке при указанных температурных режимах в течение 1, 2 и 3 часов. В качестве контрольного варианта использовалась обработка в воде. В качестве экспериментальных использовались два варианта. В первом обработка проводилась в катодите, который имел на момент начала обработки значение водородного показателя рН =

11,2 и не заменялся в течение всего времени обработки. Во втором варианте через каждые 15 минут обработки отработанный раствор сливался и в ванну поступал новый католит с $\text{pH} = 11,2$. Для исключения влияния неучтенных факторов, связанных со временем последовательность проведения опытов рандомизировалась. Степень обработки ровницы оценивалась по двум основным показателям это мацерационная способность и потеря массы. На рисунке 1(а) показана зависимость мацерационной способности от условий обработки. Из приведенных графиков видно, что в процессе обработки католит теряет активность и периодическая замена его свежим раствором вполне оправдана. На рисунке 1(б) приведены результаты по потере массы ровницы при обработке католитом. Они в целом соответствуют значениям, получаемым при варке ровницы в существующих производственных процессах.

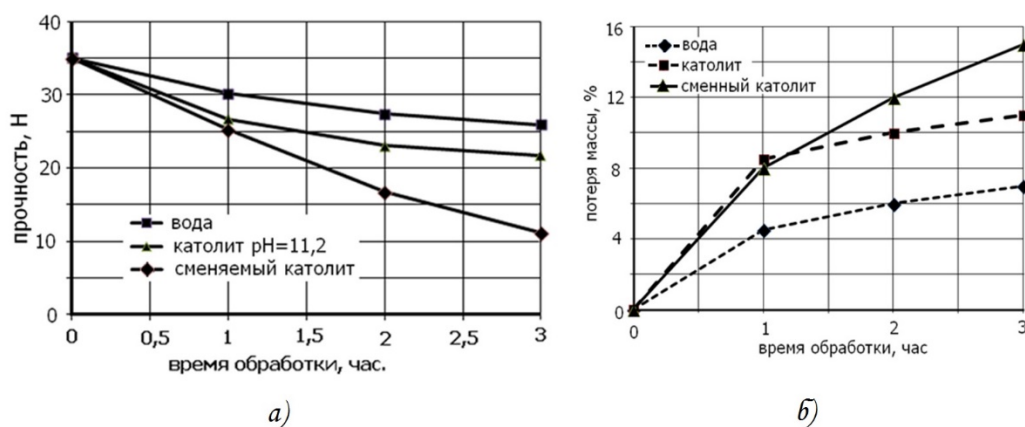


Рис. 1. Зависимость мацерационной способности и потери массы ровницы от условий обработки.

Окончательный вывод об эффективности процесса подготовки пряжи к прядению можно сделать только результатам переработки ровницы в пряжу. Поэтому полученные образцы ровницы перерабатывались в пряжу линейной плотности 100 текс. Полученная пряжа подвергалась анализам на приборе КЛА-2 и анализам на физико-механические свойства. Результаты анализа неровноты пряжи показывают, что время обработки существенно влияет на качество пряжи независимо от состава ванны. Но при использовании воды процесс ослабления связей между элементарными волокнами происходит довольно медленно. Данные образцов обработанных в воде в течение трех часов и образцов, обработанных в сменяемом католите в течение часа, отличаются незначительно. Подготовка ровницы к прядению в католите в течение трех часов позволяет получать пряжу высокого качества.

Таким образом, по результатам экспериментов установлены рациональные параметры получения раствора католита и режимов обработки ровницы:

1. Для создания минерализации при получении католита следует использовать поваренную соль NaCl .
2. Уровень минерализации можно контролировать по току, проходящему через проточный электрохимический реактор, поддерживая его на уровне около 5А.
3. Вода, поступающая в электролизер, должна быть нагрета до 60°C .
4. Проводить варку ровницы в католите с $\text{pH}=11,2$ в течение трех часов с последующей промывкой для удаления продуктов распада инкрустов.
5. С учетом релаксации католита обработка должна начинаться не позднее чем через 0,5 часа после его приготовления.
6. Для сохранения активности раствора при обработке ровницы каждые 15 минут должна производиться частичная смена ЭХА раствора в химическом реакторе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рудовский П.Н. Подготовка ровницы к прядению в реакторе для электрохимической активации воды/ Рудовский П.Н., Соркин А.П., Смирнова С.Г.// Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2013. № 3 (345). С. 51-55.
2. Рудовский П.Н. Использование католита при подготовке льняной ровницы к прядению/Рудовский П.Н., Соркин А.П., Собашко Ю.А.// Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2014. № 5 (353). С. 40-43.
3. Рудовский П.Н. Способ формирования и подготовки некрученной льняной ровницы к прядению и устройство для его осуществления/ Рудовский П.Н., Соркин А.П., Смирнова С.Г., Гаврилова А.Б.// патент на изобретение RUS 2467103 21.12.2009
4. Рудовский П.Н. Использование ЭХА-растворов для снижения экологической опасности технологического процесса беления и подготовки льняной ровницы к прядению/Рудовский П.Н., Букалов Г.К.// Вестник Костромского государственного технологического университета. 2014. № 2 (33). С. 74-76.
5. Рудовский П.Н. Влияние релаксации свойств ЭХА-растворов на выбор режимов обработки льняной ровницы при подготовке ее к прядению/ Рудовский П.Н., Собашко Ю.А., Смирнова С.Г.// Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2015. № 5 (358). С. 82-88.
6. Рудовский П.Н. Выбор времени обработки льняной ровницы в ЭХА-растворах с учетом их релаксации/ Рудовский П.Н., Собашко Ю.А., Смирнова С.Г.// Вестник Костромского государственного технологического университета. 2015. № 1 (34). С. 17-19.
7. Собашко Ю.А. Стабилизация активности католита в процессе обработки льняной ровницы// Вестник Костромского государственного технологического университета. 2015. № 2 (35). С. 10-11.
8. Рудовский П.Н. Снижение экологической опасности технологического процесса подготовки льняной ровницы к прядению за счет использования ЭХА растворов/ П.Н. Рудовский, Г.К. Букалов, Ю.А. Собашко, Ф.М. Сафаров // Вестник Таджикского технического университета. 2015. № 1 (29). С. 35-39.
9. Рудовский П.Н. Анализ процесса подготовки льняной ровницы к прядению в ЭХА-растворах / П.Н. Рудовский, Г.К. Букалов, Ю.А. Собашко, Ф.М. Сафаров // Вестник Таджикского технического университета. 2015. № 4 (32). С. 43-47.

**МЕТОДИКА ПОЛУЧЕНИЯ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ
ОДЕЖДЫ ДЛЯ ЛЮДЕЙ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ДВИГАТЕЛЬНЫМИ
ВОЗМОЖНОСТЯМИ**

**METHOD FOR PRODUCING INITIAL DATA FOR DESIGN CLOTHES FOR PEOPLE
WITH DISABILITY**

Н.Ю. Савельева, В.Б. Гнездилова
N.Y. Savelyeva, V.B. Gnezdilova

Донской государственный технический университет (Ростов-на-Дону)
Don state technical university (Rostov-on-Don)
E-mail: saveliefa@list.ru, viktoriya-gnezdilova@mail.ru

Предложена методика получения исходных данных при проектировании одежды для людей с ограниченными двигательными возможностями. Показаны особенности определения исходной информации для данного контингента людей. Обосновано применение мобильного программно-технического комплекса для получения исходных данных.

Ключевые слова: исходные данные, люди с ограниченными двигательными возможностями, цифровые 3D макеты, фигура человека.

The method of obtaining the source data when designing clothes for people with disability. The features of the definition of the initial information for this category of people. The application of mobile software and hardware complex for the original data.

Keywords: initial data, people with disability, digital 3D models, human figure

Согласно статистическим отчетам количество людей, которым присвоена инвалидность той или иной степени, в России составляет 2 млн. 800 тыс. человек [1]. Не смотря на большое количество людей с ограниченными возможностями здоровья одежду для такого контингента людей достаточно трудно найти на отечественном рынке. Поэтому целью наших исследований является проектирование и исследование с использованием 3D технологий адапционной одежды для людей с ограниченными возможностями здоровья, в частности для людей с ограниченными двигательными возможностями, передвигающихся при помощи инвалидных кресел-колясок.

Для достижения поставленной нами цели первостепенное значение имеют исследования, непосредственно направленные на получение исходных данных для проектирования адапционной одежды для людей с ограниченными двигательными возможностями (ЛЮДВ), с использованием современных цифровых 3D технологий.

В рамках обозначенной проблематики наших исследований привлекают внимание работы Н.Н. Раздомахина [2], Н.Л. Корниловой [3,4], И.А. Петросовой [5], Н.Ю. Савельевой и Т.А. Зеленчуковой [6,7], а также зарубежный опыт проектирования адапционной одежды.

В результате изучения вышеперечисленных работ был получен материал, анализ которого позволил заключить, что все представленные исследования направлены на контингент здоровых людей, которые обладают способностью самостоятельно находиться в положении стоя без посторонней помощи и специальных приспособлений достаточный промежуток времени.

Ранними исследованиями было доказано, что многообразие отличий в телосложении людей с ограниченными двигательными возможностями (далее – ЛЮДВ) свидетельствует о неэффективности использования существующих антропометрических стандартов. По этой же причине разработка специальных антропометрических стандартов при проектировании и

изготовлении одежды для ЛОДВ представляется невозможной и ненужной [8].

Вместе с тем, вопросы, связанные с разработкой и исследованием адапционной одежды для людей, передвигающихся при помощи кресел – колясок, а также способа получения 3D макетов фигуры человека, находящегося в положении сидя (с имитацией его нахождения в кресле-коляске) рассмотрены только в работах [6,7]. Вместе с тем, предложенный в [6,7] способ имеет ряд недостатков, а именно:

- необходимость специальной подготовки проектировщика по изучению программного обеспечения,
- определение коэффициентов перехода для проверки и достоверности полученного 3D макета.

Таким образом, разработка методики определения исходных данных для проектирования адапционной одежды для ЛОДВ является актуальной.

Анализ выше представленных работ [2-7] показал, что при проектировании одежды для ЛОДВ необходимо использовать оборудование, отличающееся высокой производительностью, достаточной степенью чувствительности и высокой степенью разрешения при малой его стоимости. Выполнение условия относительно низкой стоимости оборудования, используемого для сканирования тела человека, необходимо для снижения конечной себестоимости изготавливаемых образцов адапционной одежды, изготавливаемой с использованием цифровых технологий.

В результате исследований, проведенных совместно с учеными кафедры «Радиоэлектронные и электротехнические системы и комплексы» нами предложен мобильный программно-технический комплекс трехмерной реконструкции 3D модели фигуры человека [9]. Данный комплекс обладает следующими свойствами:

- малые габариты технического и аппаратного сопровождения, входящего в систему сканирования;
- легкость в наладке, сборке и разборке составляющих элементов;
- возможность распознавания «мертвых зон» на теле человека и создание макетов фигур и одежды с максимальной степенью достоверности;
- качественное проведение съемки без нарушения дистанции и создания искусственных помех;
- достоверность полученных данных для дальнейшего исследования при проектировании.

Также данный комплекс имеет ряд отличительных особенностей:

- малая внутренняя площадь помещения, в котором производится сканирование фигуры человека, что позволяет осуществлять работу по сканированию фигуры человека в условиях «на дому» у заказчика, имеющего ограниченные двигательные возможности;
- полученные макеты фигур позволяют в дальнейшем проектировать одежду без примерки, что способствует дальнейшему общению с заказчиком по средствам сети Интернет;
- низкая стоимость оборудования, используемого для сканирования тела человека, способствует снижению конечной себестоимости изготавливаемых образцов адапционной одежды.

На первом этапе получения исходных данных, при помощи мобильного программно-технического комплекса, нами были получены 3D макеты женских фигур в положении «сидя». На рис. 1 изображены примеры 3D макетов женских фигур.

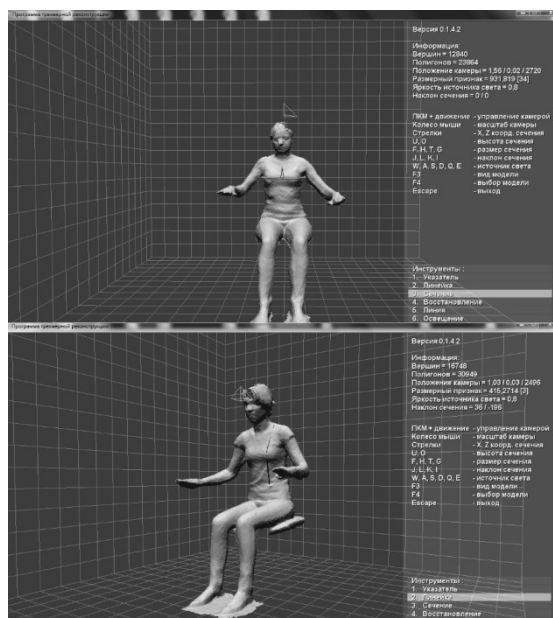


Рис.1. Примеры 3D макетов женских фигур

На втором этапе был предложен массив исходной информации (размерных признаков), необходимых для разработки конструкций плечевой и поясной адаптационной одежды. За базовую методику конструирования был принят Единый метод конструирования одежды, позволяющий разработать конструкцию одежды на индивидуальную фигуру [10]. Данный выбор обусловлен тем, что при проектировании адаптационной одежды для ЛОДВ используется адресный метод проектирования [8].

Предложенный нами комплекс массива исходной информации дополнен оригинальными размерными признаками, которые предложено использовать в качестве контрольных для определения размеров и мест расположения системы функционально-конструктивных элементов.

Для измерения абсолютных величин размерных признаков в программном обеспечении нами были созданы специализированные плагины, позволяющие на любом из участков 3D макета тела человека определять:

- ширины;
- длины;
- обхваты;
- сечения цифровых 3D макетов.

Пример измерения размерного признака «Расстояние от точки основания шеи до линии талии спереди» с 3D цифрового макета фигуры женщины представлен на рис. 2.

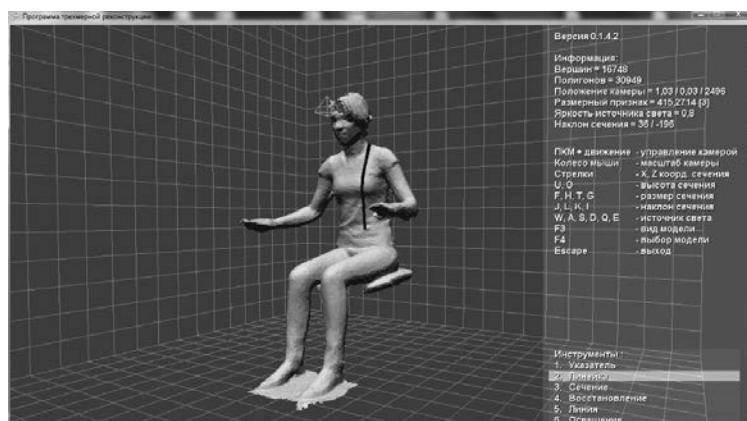


Рис. 2. Пример измерения размерного признака «Расстояние от точки основания шеи до линии талии спереди»

По результатам проведенных измерений были получены достоверные исходные данные, которые можно использовать при построении конструкций адаптационной одежды для ЛОДВ.

Разработанная методика позволяет создавать одежду для каждого конкретного человека, в том числе и передвигающегося при помощи кресла-коляски, а также сократить время изготовления опытных образцов адаптационной одежды для ЛОДВ за счет исключения промежуточных примерок, что влияет как на качество обслуживания заказчиков, так и на конечную себестоимость изделий.

Исследования будут продолжены с целью получения первичных разверток цифровых макетов одежды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабенко, Л.Г., Савельева, Н.Ю. Улучшения качества жизни людей с ограниченными возможностями в сфере легкой промышленности // сборник статей Международной научно-практической конференции «Управление инновациями в современной науке». – Самара: ООО «Аэтерна», 2015. С. 197-198.
2. Раздوماхин, Н.Н. Аспекты антропометрического обеспечения одежды: анализ взаиморасположения одноименных антропометрических точек фигуры человека // Швейная промышленность. 2006. № 3. С. 34.
3. Корнилова, Н.Л., Горелова, А.Е., Смирницкий, А.В. Трехмерное проектирование плотнооблегающей одежды на индивидуального потребителя // Швейная промышленность. 2013. № 1. С. 32-33.
4. Сеницкий, И.А., Васильев, Д.А., Горелова, А.Е., Корнилова, Н.Л. Моделирование мягких тканей виртуального манекена для проектирования корсетных изделий и белья // Программные продукты и системы. 2015. № 1 (109). С. 167-172.
5. Андреева, Е.Г., Петросова, И.А., Бояров, М.С. Проектирование внешней формы мужской одежды на основе трехмерного сканирования // Швейная промышленность. 2013. № 2. С. 33-36.
6. Зеленчукова, Т.А., Савельева, Н.Ю. Получение исходной информации для адресного проектирования адаптационной одежды для ЛОДВ // Швейная промышленность. 2011. № 5. С. 40-41.
7. Зеленчукова, Т.А., Савельева, Н.Ю. Создание разверток адаптационной одежды с использованием технологий трехмерного проектирования // Швейная промышленность. 2011. № 5. С. 42-43.
8. Савельева, Н.Ю., Куренова, С.В., Савельева, А.А. Разработка адресного метода проектирования адаптационной одежды для людей с ограниченными двигательными возможностями с использованием 3d технологий // Швейная промышленность. 2012. № 5. С. 22-24.
9. Савельева, Н.Ю., Савельева, А.А., Гнездилова, В.Б., Куренова, С.В. Разработка мобильного программно – технического комплекса реконструкции изображения ЛОДВ // Материалы V Международной научно-практической конференции Института сферы обслуживания и предпринимательства (филиала) Донского государственного технического университета. – Шахты: Изд-во ИСОиП (ф) ДГТУ, 2015. С. 138-143.
10. Матузова, Е.М. Разработка конструкций женских швейных изделий по моделям. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. 224 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОТВАРКИ ХЛОПКО-ЛАВСАНОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

RESEARCH PROCESS OF SCOURING OF COTTON – POLYESTER FABRIES

Н.Д. Раупова, Р.М. Артикбоева, М.Ш. Хасанова, И.А. Набиева
N.D. Raupova, R.M. Artikboyeva, M.S. Hasanova, I.A. Nabiyeva

Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности (Узбекистан)
Tashkent institute of textile and light industry (Uzbekistan)
E-mail: niroda@bk.ru

Смесовые ткани обладают хорошей воздухопроницаемостью, формоустойчивостью, драпироваемостью и гигроскопичностью. Особенности подготовки смесовых тканей к колорированию заключаются в том, что технология должна учитывать свойства отдельных волокон, содержание сопутствующих примесей и технологических загрязнений, а также эксплуатационное назначение. При этом необходимо выбирать такие варианты подготовки, при которых требуемый эффект достигался бы при максимальной сохранности наиболее ценных свойств индивидуальных составляющих текстильного материала. В данной статье приводятся результаты изучения процесса отварки смесовых материалов на основе хлопка и полиэфирных волокон, производимых в республике. Изучено влияние продолжительности процесса отварки на качественные характеристики смесовых материалов. Показана взаимосвязь соотношения волокнистого состава смесовых материалов с их капиллярностью.

Ключевые слова: отварка, лавсан, капиллярность, хлопковое волокно, смесовая пряжа, смесовая ткань.

Blended fabrics have good air permeability, the from stability, derivability and provide hygroscopicness. Features of preparation of mixed fabrics to the coloring of is that the technology must take into account the individual properties of the fibers, the content of related impurities and process contaminants, as well as the operational purposes. It is necessary to choose such options of preparing, in with maximum preservation of the most valuable properties of the individual components of the textile material. In the article presets the results of the researches of the mixed materials scoured process, based on cotton and polyester fibers which produced in the republic. Investigated the effect of the duration of the decoction process on the quality characteristics of mixed materials. Described the relationship of the ratio of the fiber composition of mixed materials with their capillarity.

Keywords: scouring, polyester, capillarity, cotton fiber, the blended yarns, mixed fabric.

Технология подготовки изделий из смесей волокон формируется на основе закономерностей и условий, характерных для соответствующих изделий однокомпонентного состава. При создании технологических режимов обработки тканей из смеси волокон возникают трудности, обусловленные различием в строении и свойствах волокнистых составляющих. Это определяет необходимость совершенствования существующих и создание принципиально новых технологических процессов подготовки к колорированию. После процесса расшлихтовки на ткани остаётся 15-20% замасливателя и водонерастворимых веществ, которые ухудшают гигроскопичность и внешний вид ткани. Именно путем отварки в щелочах достигается нужная степень очистки ткани – удаление остатка крахмала, сопутствующих целлюлозе воскообразных, жировых, пектиновых и азотсодержащих веществ, удаляются «галочки» и другие механические примеси, а также сообщается высокая термически устойчивая смачиваемость [1, с.369-377].

При разработке рациональных условий обработки была поставлена задача достижения высокой капиллярности смесовой пряжи и ткани, состоящих из волокон хлопка и полиэфира в различных соотношениях. Отварка смесовых материалов производилась в течение 45 минут при температуре 70⁰С в растворе, содержащем, (г/л): гидроксид натрия NaOH-25, силикат натрия Na₂SiO₃ (d=1,44)-3, бисульфит натрия NaHSO₃ (38%-ный) -2, САМ-1. Далее ткань промывают в горячей и холодной воде, полученные результаты отражены на рис.1.

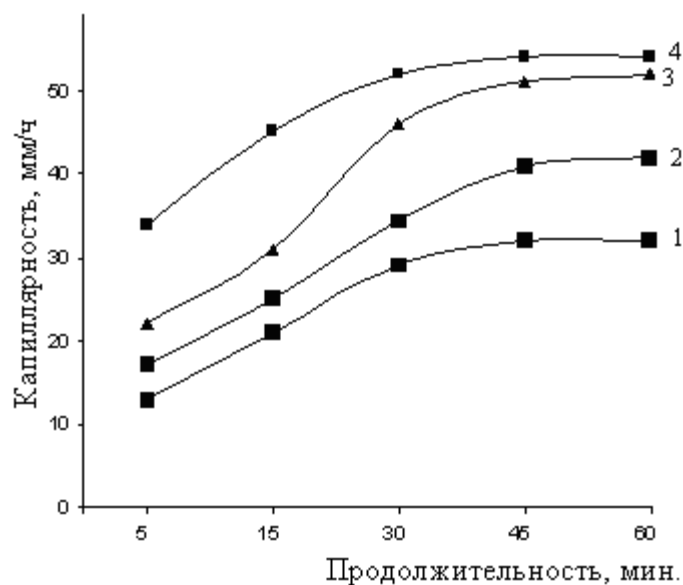


Рис 1. Зависимость капиллярности пряжи от продолжительности процесса отварки. Состав пряжи хлопок/ПЭ: 1-80/20; 2-60/40; 3-40/60; 4-20/80

Из приведенных экспериментальных данных видно, что с увеличением доли синтетической составляющей капиллярность смесовой пряжи параллельно увеличивается. Для выявления причин этого явления в одинаковых условиях проводили процесс отварки пряжи из полиэфирного волокна и пряжи из хлопкового волокна, изменения капиллярности которых отражены на рис.2.

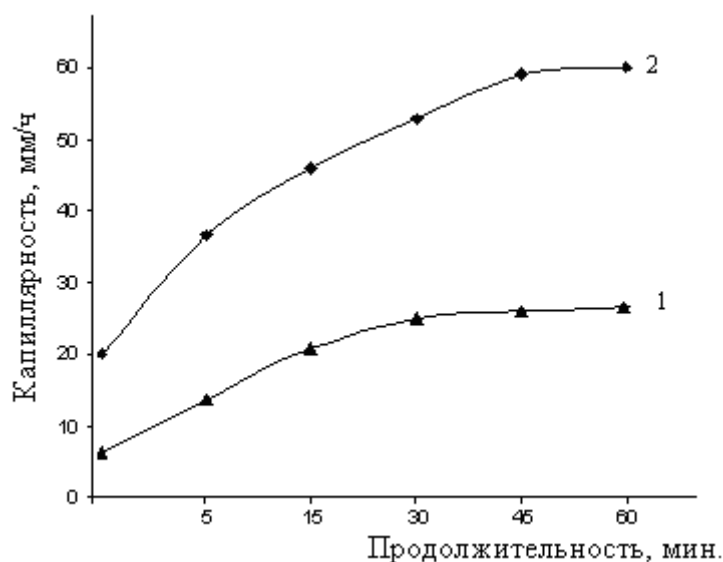


Рис.2. Зависимость капиллярности хлопковых и ПЭ волокон от продолжительности процесса отварки

Установлено, что хлопковые волокна во время прядения обволакивают синтетического волокна в виде спирали, кроме того, за счет электростатических сил синтетические волокна отталкиваются друг от друга, что приводит к образованию искусственных пустот и таким образом капиллярности таких смесей имеют большие значения, чем чистые хлопковые материалы. В хлопковой пряже такие искусственные пустоты образуются значительно меньше. На процесс впитывания волокном жидкости существенное влияние оказывают

адсорбция, силы электрического притяжения и т.д. В силу этого проникание пропитывающей жидкости вглубь капилляров, имеющих в волокнах, не может быть значительным. Для практических целей большое значение имеет проникание впитываемой жидкости в пространстве между волокнами или нитями текстильного материала [2, с.27].

Далее проводились исследования по изучению процесса отварки смесовых тканей (таблица 1).

Таблица 1

Влияние продолжительности процесса отварки на капиллярность смесовых тканей

Продолжительность, мин	Капиллярность, мм/час			
	Образцы, хлопок/ПЭ, %			
	100/0	75/25 основа-55/45 уток-0/100	57/43 основа и уток - 57/43	44/56 основа-55/45 уток-89/11
5	30	89	98	98
10	95	119	127	132
15	112	139	150	156
30	135	160	180	190
60	140	162	180	191

Из приведенных в таблице данных видно, что результаты отварки смесовых праж аналогичны отварке смесовой ткани, капиллярность 100%-ной хлопчатобумажной ткани ниже значения капиллярности смесовых тканей. Но капиллярность смесовой ткани состоящей из 100%-ного полиэфирного волокна по основе и 55/45% (хлопок/ПЭ) по утку ниже по сравнению капиллярности ткани состоящей из смесовой пряжи по основе и утку. Следовательно, максимальное значение капиллярности достигается, когда впитывание жидкости протекает и в свободных пространствах между волокнами и в капиллярах волокон. Полученные результаты могут быть применены в процессах крашения смесовых тканей. То есть процесс колорирования состоит из четырех стадий, из них первая - диффузия красителя в волокно, второе - сорбция красителя к волокну. За счет сокращения времени в эти две стадии появляется возможность интенсификации процесса колорирования текстильных материалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Г.Е. Кричевский. Химическая технология текстильных материалов. Том 1. Волокна, подготовка. М.: Легпромбытиздат, 2000. 545 с.
2. Капиллярные процессы в текстильных материалах. –М.: Легпромбытиздат, 1987. -112 с.

**ОБОСНОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ
РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВОЛОКОН КОМПОНЕНТОВ В ПОПЕРЕЧНОМ СЕЧЕНИИ
ПРЯЖИ**

**THE REASON OF INVESTIGATIONAL STUDY OF
FIBERS DISTRIBUTION IN CROSS-SECTIONAL VIEW OF YARN**

А.Д. Зиновьева
A.D. Zinovyeva

Московский государственный университет дизайна и технологии
Moscow State University of Design and Technology
E-mail: aleksandra_zinovieva@mail.ru

Рассмотрена проблема распределения волокон различных компонентов в поперечном сечении пряжи и его влияния на тактильные свойства пряжи для ручного вязания. Предложена методика исследования внутренней геометрии пряжи на протяжении значительного участка пряжи.

Ключевые слова: пряжа для ручного вязания, редкие виды шерсти, распределение волокон компонентов в поперечном сечении пряжи.

The problem of fibers distribution in cross-sectional view of yarn and its influence on tactile properties of yarn for hand knitting was investigated. Technique of research of internal geometry of a yarn throughout the long site of a yarn was suggested.

Keywords: yarn for hand knitting, rare types of wool, fibers distribution in cross-sectional view of yarn.

На сегодняшний день все больше возрастает спрос на пряжу для ручного вязания из так называемых элитных видов сырья (тонкая мериносковая шерсть, шерсть альпака, кашемир, пух яка и др.), обладающую улучшенными потребительскими свойствами, такими как низкая теплопроводность при минимальном весе изделия, высокая гигроскопичность, пониженная пиллингуемость. Помимо перечисленных свойств одним из самых важных критериев при выборе покупателем пряжи для ручного вязания являются тактильные ощущения от пряжи, так называемая «мягкость» пряжи.

Однако на российском рынке пряжи для ручного вязания ведущую позицию занимает импортная продукция, что обусловлено малым разнообразием ассортимента, а также недостаточно высоким уровнем качества отечественной продукции.

Технологические свойства редких видов шерсти, а также полуфабрикатов и готовой продукции из них исследовались в работах Е. В. Карпо, К. Э. Разумеева, Н. С. Скулановой и В. П. Щербакова, однако данных об использовании редких видов шерсти в производстве пряжи для ручного вязания в отечественной литературе практически нет. [1,2,3,4]

Учитывая данную тенденцию, автор принял в качестве объекта исследования пряжу для ручного вязания с вложением редких видов шерсти. Цель данного исследования – получение пряжи, сочетающей в себе эргономические характеристики, а также прочностные при соблюдении ценовых диапазонов.

Ранее автором были разработаны образцы пряжи с различными конкурирующими между собой составами и другими физико-механическими характеристиками (линейная плотность пряжи, крутки). Состав пряжи был подобран таким образом, чтобы конечный продукт сочетал в себе улучшенные свойства комфортности, но при этом разработка не увеличивала себестоимости производства.

Одним из способов улучшения тактильных свойств, а также повышения такого гигиенического показателя, как гигроскопичность, является возможность выведения натуральных волокон на внешнюю поверхность пряжи в процессе прядения.

Для того, чтобы распознать внутреннюю геометрию пряжи, распределение волокон различных компонентов в поперечном сечении, автором планируется исследование с помощью электронной микроскопии поперечных срезов пряжи.

Таким образом, можно провести анализ многочисленных срезов на протяжении значительного участка пряжи, составить объемную схему распределения волокон многосоставных продуктов, подтвердив участие основной массы волокон в контакте с кожей человека. Данные должны хорошо коррелировать с органолептической оценкой, что и поставлено в задачу эксперимента.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Разумеев К.Э. Особенности шерсти редких видов животных. Журнал «Текстильная промышленность», №3, 2000г.—с.47-49.
2. Павлюченко Е. В., Разумеев К. Э., Логинов Ю. В., Карро Е. В. Разработка технологии выработки чистошерстяной камвольной пряжи вложением козьего пуха. Журнал «Известия вузов. Технология текстильной промышленности» № 6с (294). 2006г. – с.40-42.
3. Щербаков В.П., Скуланова Н.С. Эффективность использования нетрадиционных видов сырья в производстве шерстяной пряжи. Сборник научных трудов по текстильному материаловедению. М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2007. - С. 136-142.
4. Скуланова Н.С., Журавлев М.А. Проектирование состава смесей многокомпонентной аппаратной пряжи с вложением нетрадиционных видов волокон. Сборник трудов аспирантов №12. М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2006. - С. 22-27.

УДК 621.892

ИСПЫТАНИЕ КОМПОНЕНТОВ СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПАРАФИНИРОВАНИЯ ТРИКОТАЖНЫХ НИТЕЙ

COMPONENT TESTING OF LUBRICANTS FOR PARAFFINING KNITTING THREAD

А.А. Катаманов, Р.Р. Алешин
А.А. Katamanov, R.R. Aleshin

Ивановский государственный политехнический университет
Ivanovo State Polytechnics University
E-mail: tmp@ivgpu.com

Выполнен анализ существующих испытательных машин и предложена новая конструкция маятникового трибометра для испытания контакта нить – металл. Испытаны компоненты смазочных материалов для парафинирования трикотажных нитей, которые позволяют снижать износ трикотажных игл. Даны рекомендации по составу смазочных материалов для парафинирования.

Ключевые слова: машина трения, трикотаж, смазочные материалы.

The analysis of existing materials testing machines and proposed a new design of the pendulum tribometer contact test thread - metal. Tested components of lubricants for the paraffining of knitted yarns that reduce wear knitted needles. The recommendations on the composition of lubricants for paraffining.

Keywords: tribometr of friction, knit, lubricants

При разработке технологических процессов в текстильной промышленности необходимо учитывать силы, возникающие при трении волокнистого материала по рабочей поверхности. В результате работы этих сил осуществляются технологические процессы и без них некоторые переходы были просто невозможны, но под воздействием тех же сил

происходит износ рабочей поверхности, повышается ворсистость и величина статического заряда, возникающего на поверхности волокна. Таким образом, возникающие силы трения играют значительную роль в процессах переработки волокнистых материалов, поэтому и важно знать законы, по которым происходит изменение этих сил, для их регулирования и поддержания в требуемых пределах.

Для определения силы трения разработаны несколько принципиальных схем испытательных установок для определения силы трения между контактными поверхностями. Несмотря на то, что установки имеют схожие узлы: трения, измерения, нагружения, их конструктивное исполнение значительно отличается от установок для испытания металлических образцов. Отличие вызвано особыми физико-механическими свойствами волокнистого материала. Так как основной целью испытательной установки является воспроизведение условий эксплуатации, для которых планируется использовать данную пару трения, то появились различные конструкции установок [1].

Все установки можно условно разделить на два вида в зависимости от способа взаимодействия волокнистого материала с поверхностью контртела. К первому виду можно отнести приборы, в которых абсолютная скорость волокнистого материала равна нулю, а перемещается контртело трения. В данном случае трению подвергается определенный участок волокнистого образца. Подобные условия трения наблюдаются при чесании волокнистых материалов. Ко второму виду можно отнести приборы, в которых поверхность трения установки неподвижна, а волокнистый образец движется по ней. Данный вид трения встречается в направляющих машин, иглах, швейных и трикотажных машин, натяжных устройствах, вытяжных приборах.

Узел трения устройств отнесенных к первому виду с приложенными силами реализован в трибометрах Паулика. Узел трения, представляет собой, вращающийся диск с канавкой, на который накинута волокнистая нить (рис. 1).

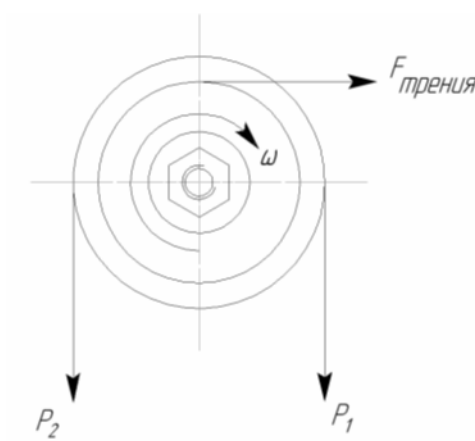


Рис. 1. Схематическое изображение узла трения: P1 и P2 - натяжения нити справа и слева, ω - угловая скорость вращения диска

Волокнистый образец неподвижен, что обеспечивается подбором усилий P1 и P2. При вращении диска образуется сила трения, которая нарушает установленное равновесие. Установление равновесия происходит за счет прибавления дополнительного усилия, к силе P2. На основании, полученных после пуска установки усилий P2 и P1 производится определение коэффициента трения. В данном случае для учета угла обхвата используют формулу Эйлера, на основании которой производят расчет коэффициента трения:

$$P_2 = P_1 \cdot e^{f \cdot \alpha}, \quad (1)$$

$$f = \frac{\ln \frac{P_2}{P_1}}{\alpha}, \quad (2)$$

где P_1 – сила, действующая на нить и направленная в сторону движения поверхности блока в статическом режиме, г; P_2 – сила, действующая на нить и направленная в противоположную сторону движения поверхности блока в статическом режиме, г; f – коэффициент трения.

Измерение сил представлено моделью на рис. 2а. В данной модели добавочное усилие компенсируется при помощи силы упругости пружины, которая находится в жесткой взаимосвязи с её деформацией. При проведении испытаний происходит регистрация удлинения пружины, на основании которого производится определение силы упругости. Полученные в результате расчетов значения сил, действующих на ветвях, подставляются в выражение (2) и производится определение коэффициента трения. Данная схема не обладает повышенной точностью, так как если взять жесткую пружину, то перемещение стрелки будет слишком мало для определения усилий с достаточной точностью. Если взять мягкую пружину, то не будет жесткой взаимосвязи между усилием и деформацией, вследствие значительных перемещений, что также приведет к понижению точности результатов испытаний. Кроме того, удлинение пружины приведет к смене точки взаимодействия волокнистого материала с поверхностью трения.

На рисунке 2б приведен прибор являющийся модификацией первого. Приведенная модификация позволяет производить измерение усилий, действующих на ветви, при помощи стрелочных индикаторов. Для расчета коэффициента трения необходимо подставить в выражение полученные усилия. Данная схема обладает теми же недостатками, что и первая, но упрощает определение величин P_1 и P_2 .

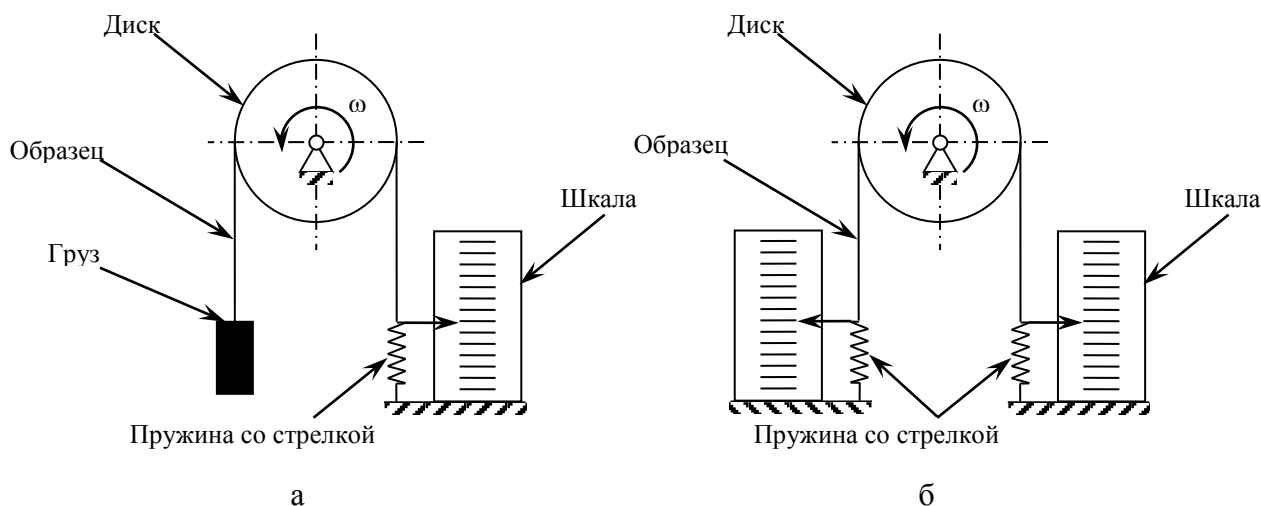


Рис. 2. Схема установок испытаний на трение волокнистых материалов

Авторами была усовершенствована приведенная на рис. 1 и 2 схема установок [2], увеличена точность результатов испытаний.

Приведенные конструкции позволяют измерять величину коэффициента трения, а также отслеживать его изменение с течением времени, то есть отслеживать изменение коэффициента трения в процессе трения, которое может быть вызвано удалением, вследствие трения, смазочных веществ или нагревом поверхности. Следует отметить, что в данном случае происходит истирание определенной области волокнистого образца. Представленные конструкции просты в реализации и имеют достаточную точность.

Приборы второго вида, как правило, имеют более сложную конструкцию, что связано с наличием дополнительного узла, обеспечивающего перемещение нити относительно поверхности трения.

На рис. 3 приведена схема прибора, в котором нить «пробегает» через нитенаправители 2 и 6, огибает поверхность трения, после чего наматывается на катушку. Механизм привода нити не показан на рисунке, так как его конструкция может быть самой разнообразной, а сам механизм не оказывает влияния на результат эксперимента.

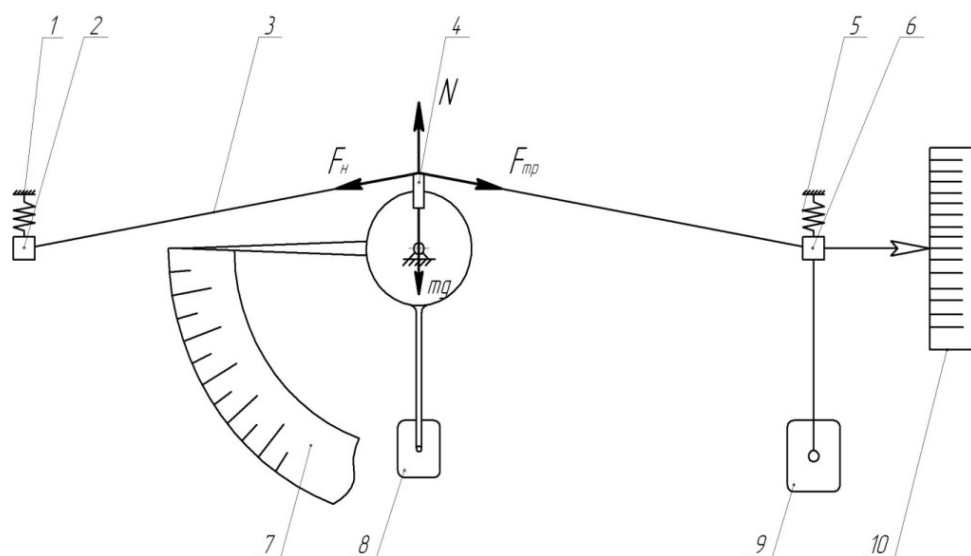


Рис. 3. Схема измерительного узла трибометра: 1, 5 – компенсационные пружины, 2, 6 – нитенаправители, 3 – перематываемая нить, 4 – поверхность трения, 7, 10 – измерительные шкалы, 8 – маятник, 9 – нагрузка

Принцип действия прибора заключается в следующем. Поверхность трения 4 находится под воздействием истирающей нагрузки от движущейся нити 3. Возникающий момент трения фиксируется маятниковым элементом, а нить нагружается посредством груза 9 и ее натяжение фиксируется по шкале 10. Скорость движения нити 600 м/мин. Нагрузка не превышает 60 сН. Все приведенные выше приборы используют стрелочные индикаторы, обладающие простотой и надежностью. Прибор был реализован для испытания трикотажных нитей и оценки эффективности смазочных материалов для них [3].

Стрелочные индикаторы обладают пониженной точностью, так как зависят от механических свойств пружин. В целях повышения точности измерений была предложена схема (рис. 4) содержащая оптический датчик перемещения упругого элемента [4, 5, 6, 7].

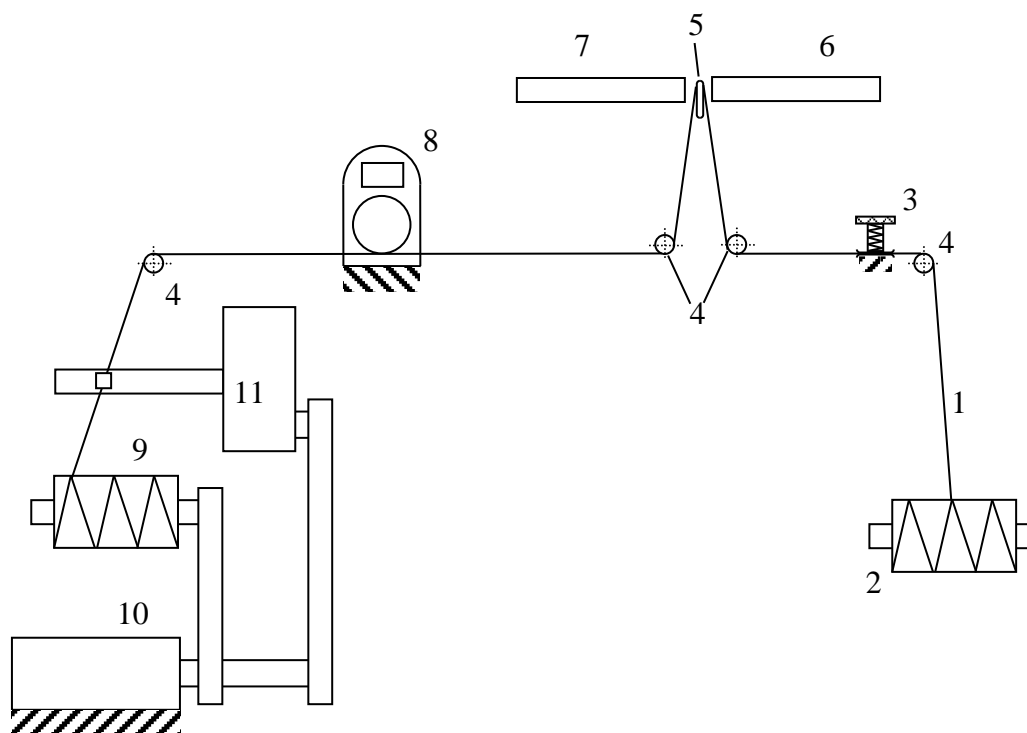


Рис. 4. Схема установки трения с элементами автоматики

Прибор работает следующим образом. Нить 1 сматывается с бобины 2, проходит через пружинный нитенатяжитель 3, для создания постоянного натяжения. Траекторию движения нити определяют направляющие 4. После нитенатяжителя нить накидывается на пружинную пластину 5, положение которой фиксируется при помощи фотодатчика состоящего из излучателя 6 и приемника 7. Длина нити, прошедшей через трибометр определяется счетчиком 8. После испытаний нить наматывается на бобину 9 приводимую в движение двигателем 10. Нить укладывается на бобине при помощи нитераскладчика 11. Проходя через пружинную пластину, на которой установлена плоскость трения, нить изгибает её на величину пропорциональную силе трения.

Изменение положения пластины фиксируется фотодатчиком, следующим образом, в начальный момент времени пластина закрывает окно приемника полностью. Изгибаясь, пластина открывает окно, и свет от источника попадает в окно приемника. Чем больше изменит положение пластинка, тем больше света попадает в окно приемника и большая величина электродвижущей силы (ЭДС), будет возникать в приемнике. Величина ЭДС может быть зафиксирована при помощи самопишущего потенциометра или электронной вычислительной машины (ЭВМ), таким образом, на представленном приборе можно получить плавную диаграмму изменения момента трения с течением времени.

Применение индукционного датчика позволяет упростить работу исследователя. Для фиксирования прогиба пружинной пластины может быть использовано не только появление ЭДС, но и изменение емкости конденсатора, сопротивления и величины индуктивности катушки. При использовании электрических датчиков погрешность измерения составляет около 1 %.

Дальнейшим развитием трибометрии контакта нить – металл является комбинированная схема из приборов рис. 2 – 4. На ось маятникового измерителя момента трения (рис. 3) крепится оптикоэлектронный прибор – энкодер, который позволяет проводить замер угла поворота до 0,001 градуса с заданной частотой измерений. Вид измерительного узла приведен на фото рис 5.

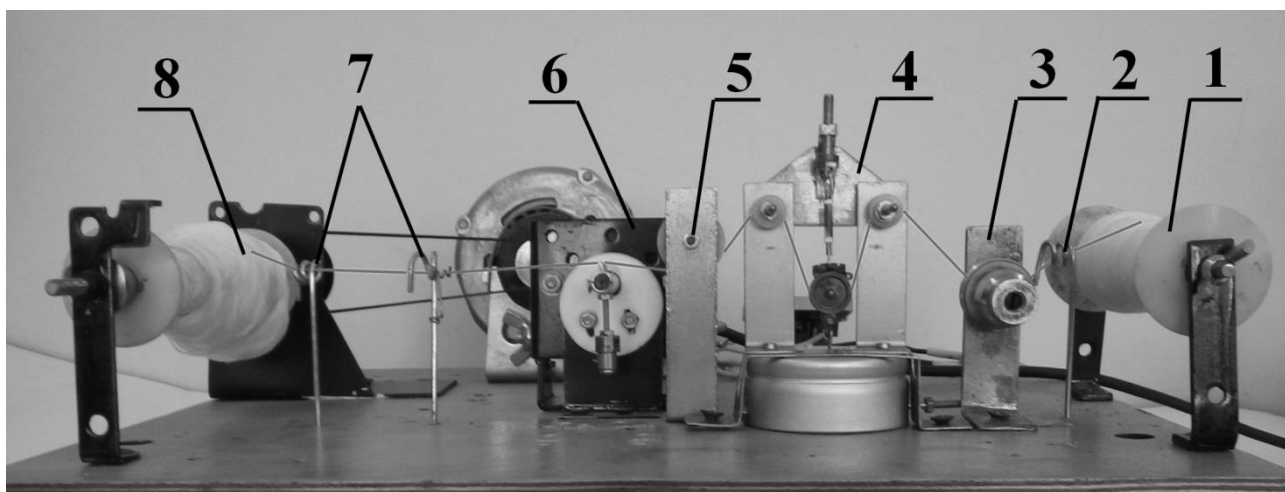


Рис. 5. Измерительный узел машины трения, оснащенный цифровым датчиком угла поворота маятника (инкрементным энкодером)

Исследуемая нить, перематывается с подающей катушки (1) на приёмную (8), проходит через несколько узлов установки: нитенаправитель (2) обеспечивает подачу нити с подающей катушки, нитенатяжитель (3) используется для стабилизации движения нити, датчик натяжения (4) обеспечивает возможность измерения натяжения нити до точки измерения трения, направляющий ролик (5), маятниковый трибометр с закреплённым образцом (6), маятник которого отклоняется на угол, зависящий от момента трения нити и дополнительные нитенаправители (7) (нитеукладчик).

Информация с датчика в цифровом виде обрабатывается 8-разрядным микроконтроллером. Микроконтроллер подключен к персональному компьютеру с помощью COM порта, по которому осуществляется передача данных и управление процессом измерения. Преобразование уровней сигналов между контроллером и COM портом осуществляется с помощью микросхемы MAX232.

Для обеспечения работы устройства были разработаны программы для контроллера и компьютера, которые позволяют управлять работой установки, обрабатывать полученные данные и сохранять для дальнейшей обработки [9]. Программное обеспечение для микроконтроллера написано на языке MikroC в среде программирования mikroC for PIC. Для управления установкой и обработки полученных данных разработана компьютерная программа на языке Microsoft Visual Basic.

Как известно текстильные материалы обладают значительными абразивными свойствами [1]. Поэтому трикотажные нити промазываются, прежде чем подаются к игльницам трикотажных машин. Целью работы являлось изучение влияния присадок, добавляемых в смазочный материал, на коэффициент трения. При проведении испытаний также учитывалась концентрация добавляемых веществ в растворе смазки.

Для исследований был выбран пластичный смазочный материал, наиболее широко применяемый в трикотажной промышленности – парафин. Смазочный материал образует на поверхности игл вязкоупругую пленку, которая препятствует плотному контакту и способствует поглощению энергии [10].

В материал вводились поверхностно-активные вещества на основе стеариновой кислоты. В качестве присадок были выбраны стеараты меди, олова, никеля, кобальта и смеси из них.

Результаты проведённых испытаний. Испытания проводились при натяжении нити равной 0,1 Н и 0,17 Н. На основании полученных результатов испытаний можно сделать вывод, что наиболее предпочтительными являются композиции содержащие стеарат кобальта и никеля при концентрации в 5 % коэффициент трения ниже, чем у фабричной смазки в 1,3 раза, при этом следует учесть, что данная зависимость сохраняется при

увеличении величины предварительного натяжения. Стеараты никеля и олова понижают величину коэффициента трения, но их свойства зависят от величины предварительного натяжения.

Как известно зависимости коэффициента трения от площади контакта, величины прижимающей силы, крутки и других параметров имеют ярко выраженный экспоненциальный характер. При концентрациях менее 10 % наблюдается резкий провал коэффициента трения. Данное обстоятельство указывает на то, что введение смазочной композиции с добавлением оксидов стеариновой кислоты изменяет механизм трения. Возможно, причиной зафиксированного изменения являются химические реакции, протекающие в зоне контакта. Исследование изнашивания стальных нитепроводников показывает зависимость износа от содержания смазочных материалов. Модель зависимости суммарного износа поверхности от состава смазочного материала описывается формулой:

$$I=3,5-0,027CuSt-0,2SnSt-0,2NiSt-0,04CoSt, \quad (3)$$

где I – изнашивание, мм, $CuSt$ – количество стеарата меди, %, $SnSt$ – количество стеарата олова, %, $NiSt$ – количество старата никеля, %, $CoSt$ – количество стеарата кобальта. Металлы замещают железо на поверхности трения, участвуя в восстановлении изношенной поверхности. Радикалы стеариновой кислоты образуют на поверхности граничные пленки, которые препятствуют плотному контакту и разрушению. Износ может быть снижен в 1,6 раза.

Выводы.

- В ходе проведённых испытаний была доказана работоспособность разработанного трибометра.
- Были проведены исследования влияния смазывающих веществ на парафиновой основе с присадками стеаратов металлов на трение текстильных материалов и износ стальных нитепроводников из стали 70.
- Выявлена зависимость износа от состава смазочного материала и количества присадок. Износ снижается в 1.6 раза.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хвальковский, Н. В. Трение текстильных нитей [Текст] / Н. В. Хвальковский; под общ. ред. Л. А. Лувишис, М.: ЦИНТИ легкой промышленности, 1966. 73с.,
2. Способы измерения момента трения контакта нить-металл/ Р.Р. Алешин, С.А. Егоров// Техника и технологии триботехнических исследований: тезисы докладов II Международного семинара, Иваново, 22-23 октября 2009 г. – Иваново: ИвГУ, 2009. – С.41.
3. Повышение эффективности парафинирования пряжи при изготовлении трикотажа/ Р.Р. Алешин, С.А. Егоров, Г.И. Корчагин// Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2011. - № 6. – С. 149-152.
4. Егоров, С.А. Повышение износостойкости деталей прядильного оборудования электроэрозионным упрочнением// Упрочняющие технологии и покрытия. – 2006. - № 11. – С.53-56.
5. Повышение долговечности прядильных камер пневмомеханических прядильных машин/ И.И. Ведерникова, С.А. Егоров, И.Ф. Мутовкин// Упрочняющие технологии и покрытия. – 2006. - № 12. – С.39-42.
6. Исследование влияния кобальтовой связки на упрочнение поверхности при трении/ С.В. Голубинский, С.А. Егоров, А.Г. Наумов, А.А. Шабалин// Физика, химия и механика трибосистем: Межвуз. сб. науч.тр. – Иваново: ИвГУ, 2007. - Вып. 6. – С. 109-111.
7. Повышение долговечности рабочих органов текстильных машин электроэрозионным упрочнением/ С.А. Егоров, С.М. Иванов, А.А. Шабалин, А.Г. Наумов, С.В. Голубинский//

- Физика, химия и механика трибосистем: Межвуз. сб. науч.тр. – Иваново: ИвГУ, 2008. - Вып. 7. – С. 94-97.
8. Разработка и исследование модели машины трения/ Р.Р. Алешин, А.А. Катаманов, А.В. Иванов, С.А. Егоров, Е.К. Викторов// Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2015. - № 6. – С. 153-156.
9. Катаманов, А.А. Программный комплекс для измерения момента трения. /А.А. Катаманов, С.А. Егоров, С.Ю. Павлячев// Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2016611559. Заявл. 14.12.2015. № 2015662266. Зарег. 04.02.2016.
10. Егорова, Н.Е. Математическая модель гашения турбулентности при помощи вязкоупругих пленок. / Н.Е. Егорова, С.Г. Сидоров, Ф.Н. Ясинский // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. - 2003. - №3. - С. 112-115.

УДК 677.026.7

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА МОНИТОРИНГА ПРОИЗВОДСТВА ГЕОТЕКСТИЛЬНЫХ СЕТОК С УЧЕТОМ ТРЕБОВАНИЙ ИСО 9001-2015

AUTOMATING THE PROCESS OF MONITORING OF PRODUCTION OF GEOTEXTILE NETS TO MEET THE REQUIREMENTS OF ISO 9001-2015

А.А. Цыбышева, Н.Э. Чистякова
А.А. Tsybysheva, N.E. Chistyakova

Ивановский государственный политехнический университет
Ivanovo State Polytechnic University
E-mail nyutik37@mail.ru, chistyakoff2@yandex.ru

Рассмотрена возможность упрощения процедуры мониторинга на примере технологического процесса производства геотекстильных сеток посредством современной методологии функционального моделирования IDEF0 через критические контрольные точки и оперативного ведения отчетности о результатах деятельности с последующим поступлением для анализа руководством предприятия. Анализ информации, полученный в результате воздействия различными методами мониторинга на объект (полуфабрикат, готовую продукцию), необходим для оценки результативности системы менеджмента качества конкурентоспособного отечественного предприятия с учетом требований международных стандартов.

Ключевые слова: система менеджмента качества, жизненный цикл продукции, методология функционального моделирования, геотекстильная сетка, мониторинг.

The article discusses of simplifying the procedures for monitoring on an example of the manufacturing process of geotextile nets by using modern methodology of functional modelling IDEF0 through critical control points and fixing of operational reporting received by performance results for analysis by management. The analysis of the information obtained as a result of the impact of different methods of monitoring on objects (semi-finished, finished products) necessary to evaluate the effectiveness of the quality management system of competitive domestic enterprises with the requirements of international standards.

Keywords: quality management system, product life cycle , the methodology of functional modeling , geotextile grid monitoring.

Современная организация, нуждающаяся в демонстрации своей способности постоянно поставлять продукцию, отвечающую требованиям потребителей, принимает стратегическое решение о необходимости разработки системы менеджмента качества (СМК).

В качестве объекта исследования выбрана Российско-германская компания БауТекс (г. Гусь-Хрустальный Владимирской области), производящая продукцию на основе стекловолокна, а именно стеклотекстильную строительную. Компания имеет сертификат соответствия на СМК по ISO 9001-2008, выданный органом по сертификации TUV Австрия.

Срок действия сертификата до 29.04.2017 года, однако, с сентября 2015 года вступила в действие обновленная версия международного стандарта ISO 9001:2015, поэтому представленные рекомендации ориентированы в соответствии с требованиями обновленной версии ГОСТ Р ИСО 9001-2015.

Для результативного функционирования СМК необходим постоянный мониторинг производственных процессов, а также систематический анализ результатов проведенного мониторинга и, как следствие, разработка мероприятий по улучшению на различных стадиях жизненного цикла продукции (ЖЦП). В соответствии с [1, с.57] под мониторингом понимают определение значений параметров объекта исследования, выполняемое на разных стадиях, режимах и в разное время.

Согласно п.8 ГОСТ Р ИСО 9001-2015 [2, с. 19-34], деятельность на стадиях ЖЦП предполагает следующие этапы: «Планирование и управление деятельностью на стадиях ЖЦП», «Требования к продукции», «Проектирование и разработка продукции», «Управление продукцией, поставляемой внешними поставщиками», «Производство продукции», «Выпуск продукции», «Управление несоответствующими результатами процессов».

Для создания функциональной модели, отображающей структуру и функции системы, а также потоки информационных и материальных объектов, используется методология функционирования моделирования IDEF0 [3, с.3-4] как инструмент автоматизированной информационной области поддержки ЖЦП.

Согласно основным принципам методологии IDEF0 [3, с.7-10], деятельность рассматриваемого предприятия изображается в виде контекстной диаграммы А-0, далее производится декомпозиция контекстной диаграммы в соответствии с требованиями к производственному процессу в виде диаграммы А0. Данная дочерняя диаграмма представляет собой детализацию технологического процесса производства тканых геотекстильных сеток и представлена на рис. 1.

Данная диаграмма позволяет детально рассмотреть операции процесса производства геотекстильной сетки и выявить этапы, которые нуждаются в постоянном контроле, посредством выделения контрольных точек (КТ). Графическая модель процесса помогает целенаправленно контролировать процесс только на выделенных участках, важных с точки зрения мониторинга.

Первая точка (или КТ1) необходима на стадии производственного контроля, когда требуется проконтролировать плотность нитей, участвующих в формировании сурового полотна, не замедляя ход технологического процесса. Следующая КТ (КТ2) сигнализирует о необходимости контроля сурового полотна с целью недопущения попадания в отделку несоответствующих полуфабрикатов. На стадии лабораторной оценки качества пропитанного полуфабриката необходимо ежедневно направлять образцы в лабораторию, о чем сигнализирует КТ3. На заключительном этапе в рамках приемочного контроля образцы готовой продукции (смотанная в рулон тканая сетка) нуждаются в разбраковке (КТ4).

В соответствии с требованиями [2, с.38], проведение мониторинга процесса производства тканых геотекстильных материалов должно фиксироваться в соответствующем протоколе по оценке результатов деятельности (табл.1), чтобы показать результативность СМК.

Образец протокола по оценке результатов деятельности

Идентификатор КТ	Объект мониторинга (измерения)	Метод мониторинга, измерения, анализа и оценки	Срок проверок	Срок анализа и оценки результатов
КТ1	Основные нити (производственный контроль)	Полученное изображение нити основы, и его последующая обработка информационно-измерительной системой контроля плотности нитей [4, с.167-169]	Ежедневно	Согласно графику анализа СМК со стороны руководства
КТ2	Суровое полотно (производственный контроль)	Получение изображения тканого полотна и его последующая обработка информационно-измерительной системой контроля плотности нитей [5, с.50-54]	Ежедневно	
КТ3	Образцы для оценки качества пропитанного материала (производственный контроль)	Лабораторные исследования	Ежедневно	
КТ4	Образцы готовой продукции (производственный контроль)	Комплексная оценка качества готовой продукции	Ежедневно	

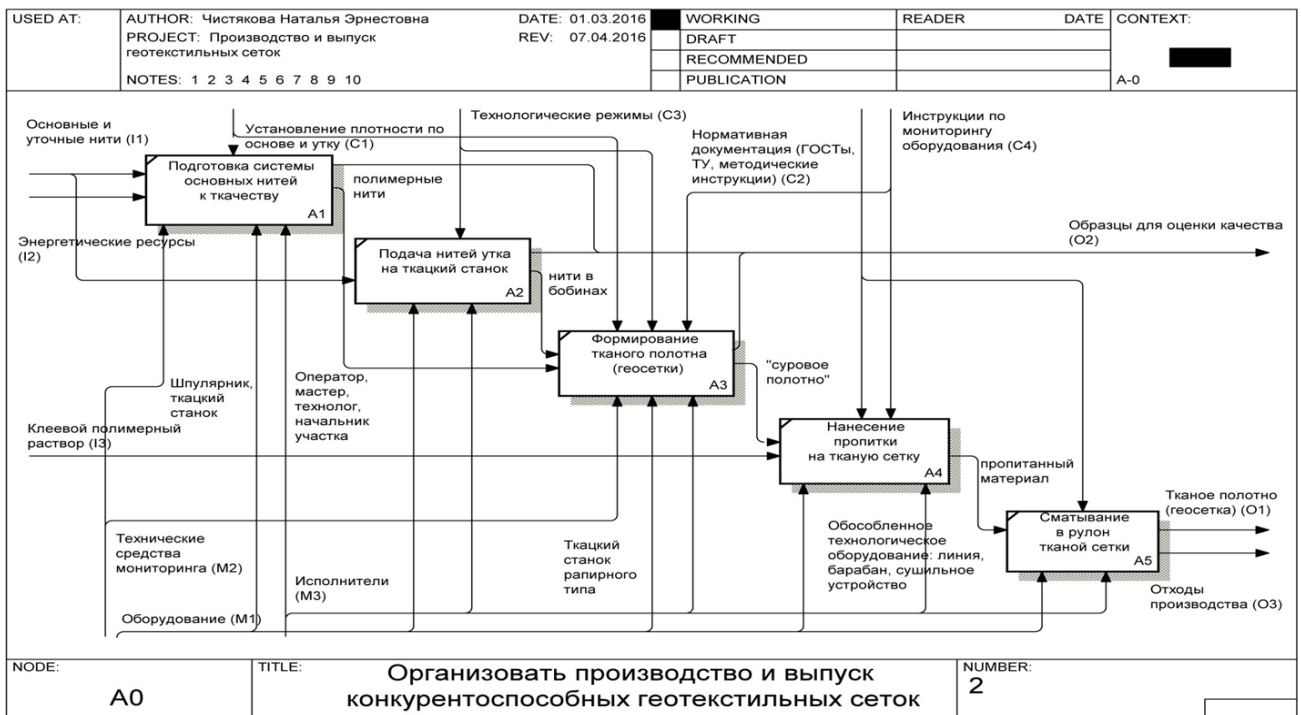


Рис. 1. IDEF0 – диаграмма технологического процесса производства геосеток

Таким образом, показана возможность упрощения процедуры мониторинга на примере технологического процесса производства геотекстильных сеток с помощью современной методологии функционального моделирования IDEF0, что позволило наглядно спрогнозировать критические точки контроля за состоянием процесса, а также сформировать образец протокола отчетности о результатах деятельности, необходимого с точки зрения требований международных стандартов для анализа руководством предприятия. В протоколе представлены современные методы контроля качества полуфабрикатов и готовой продукции.

Анализ полученных данных влияет согласно требованиям международных стандартов на оценку результативности СМК отечественного предприятия, желающего оставаться конкурентоспособным на мировом рынке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р ИСО 9000-2015. Основные положения и словарь [Текст]. – Введ. 2015-11-01. – М.: Стандартинформ, 2015. – 95с.
2. ГОСТ Р ИСО 9001-2015. Системы менеджмента качества. Требования [Текст]. – Введ. 2015-11-01. – М.: Стандартинформ, 2015. – 65с.
3. Р 50.1.028-2001. Рекомендации по стандартизации. Информационные технологии поддержки жизненного цикла продукции. Методология функционального моделирования [Текст]. – Введ. 2002-07-01. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001. – 43с.
4. Шаломин, О.А. Построение автоматизированной системы контроля технологического процесса формирования тканей [Текст]/ Шаломин, О.А. Матрохин А.Ю., Баженов С.М., Кавин Н.О. // Известия вузов. Технология текстильной промышленности.- №1.- 2013.- С.167-169.
5. Баженов, С.М. Информационно управляющая система для автоматизированного мониторинга технологических процессов производства ткани [Текст] / Баженов С.М., Вахонина С.А., Тарасов Н.В., Матрохин А.Ю.// Автоматизация в промышленности. - № 12.- 2015.-С. 50-54.

УДК 677.024.756

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕКСТИЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ КОМПОЗИТОВ

ADVANCED TEXTILE TECHNOLOGIES FOR MANUFACTURING OF HIGH PERFORMANCE COMPOSITES

О.Н.Коваленко, А.А.Тувин
O.N. Kovalenko, A.A.Tuvin

Ивановский государственный политехнический университет
Ivanovo State Polytechnical University
E-mail: okokovalenko@mail.ru, tuvin1958@mail.ru

В течение нескольких последних десятилетий в промышленности все большее применение находят композиционные материалы из-за их более высокой прочности и меньшего удельного веса. Кроме того, композитные материалы превосходят металлы и сплавы по усталостной прочности, термостойкости, виброустойчивости, шумопоглощению, ударной вязкости и другим свойствам. Но трудоемкий и дорогостоящий производственный процесс изготовления ограничил эти материалы от широкого использования в других отраслях промышленности. В последние годы были разработаны методы для обработки усовершенствованных текстильных преформ. Такие процессы, как 2D и 3D ткани, 2D и 3D плетения, основовязаные полотна позволяют производить составные преформы, которые помогают уменьшить ручной труд а, следовательно, и время обработки.

В этой статье приведен краткий обзор основных исследований в области развития технологий изготовления текстильных преформ. Дается оценка этих технологий для различных областей применения в промышленности.

Ключевые слова: составная преформа, высокоэффективный композит, плетение, тканое полотно, основовязаное полотно.

For some decades industry has applied composite materials, because of their high weight-specific stiffness and strength as well as their excellent fatigue performance. However, the time-consuming and therefore

expensive manufacturing process prevented these materials from wide spread use in other industrial sectors. In recent years techniques were developed for processing advanced textile preforms. Processes such as 2D and 3D weaving, 2D and 3D braiding, warp-knitting allow the production of integral preforms which help to reduce the manual work and hence the processing time.

This paper will give a general overview of major research activities and development trends in textile preforming with focus to new stitching technologies. An evaluation of these techniques for various application fields and some results of preform development activities will be presented.

Keywords: integral preform, high performance composites, braiding, weaving, warp-knitting.

В связи с увеличивающимися требованиями к композиционным конструкциям и компонентам (механические свойства, низкая стоимость и объём выпуска) существует большое желание разнообразить материалы и производственные процессы, которые делают возможность получить надёжные, постоянные результаты, с минимальными отходами и без необходимости проверки надёжности неразрушающей оценкой NDE (Nondestructive evaluation).

Одной из главных причин высокой стоимости композитных компонентов - дорогие материалы (препреги), а так же медленные и трудоемкие производственные процессы.

Эти проблемы можно решить с помощью преформ. Преформа (предварительная заготовка) – возможность организовать и проинспектировать армирующий пакет, необходимый для инфузионного процесса, а тканая и плетёная продукция может предложить преимущества на этой стадии, так как волокно раскладывается с использованием числового программного управления CNC (Computer Numerical Control).

Тканые и трубчатые плетеные ткани из стеклянных, углеродных и арамидных волокон много лет были передовыми в композитном производстве и представляют рентабельную альтернативу однонаправленным препрег материалам.

Ткани с трехмерной структурой волокна представляют особый интерес для композиционных материалов из-за их хорошего сопротивления к ударным нагрузкам. Но большинство из них, например, плетеные материалы и 3X ткани, показывают низкий уровень производительности из-за сильной волнистости основной пряжи. Эта функция может быть преодолена посредством ортогонального ткачества .

На рисунке 1 показан 3D-ткацкий станок и изготовленные на нем неразрывно сплетенные I-балки компании 3Tex (США).

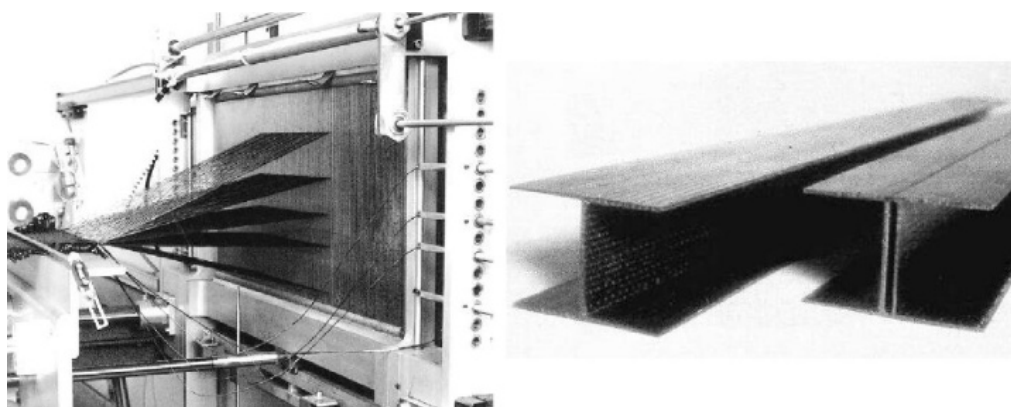


Рис. 1 3D-ткацкий станок и неразрывно сплетенные I-балки

На этом станке основа, уток и z-нити, ориентированные перпендикулярно друг к другу, прямым способом ведут к показателям жесткости и прочности, сравнимыми со стандартными свойствами полотняного и саржевого переплетений ткани. Путем варьирования структуры жгутов, даже такие сложные предварительные формы как I-балки или «застывшие» панели могут быть изготовлены за один шаг на ткацком станке. Кроме того, неразрывно сплетенные многослойные панели могут быть изготовлены аналогичным производством иглопробивных велюровых ковров. Иглы, используемые для производства

иглопробивных ковровых покрытий, так же не имеют ушек. Вместо них иглы имеют зазубрины по всей длине, которые при движении игл вверх-вниз захватывают и запутывают волокна таким образом, что они могут образовать компактное волокно, которое удерживается вместе благодаря трению между волокнами.

Процесс производства ковра начинается с образования своего рода паутины, которая представляет собой несвязанные кусочки волокон (штапель), непрерывно распределенных по всей ширине движущегося конвейера. Конвейер перемещает их к месту, где один слой накладывается на другой, образуя более широкий и толстый материал. Между ними, закладывается холст, который прошивают, и он поступает в машину, где его пропускают между двумя плитами.

Неподвижная нижняя плита имеет много отверстий, расположение которых соответствует расположению зазубренных игл на движущейся верхней плите. По мере прохождения между плитами материал пробивается иглами, которые захватывают волокна и протаскивают их сквозь холст. По такому принципу производят и сплетенные многослойные панели.

Попытки получения объединенных слоев на $\pm 45^\circ$ выполнены в настоящее время на предприятиях 3Tex (США), СТМІ (Франция) и Short Brothers, PLC (Великобритания). Однако, трудоемкая машинная установка и низкая производительность ограничивают применение этих материалов к совершенно особым компонентам [1].

Трубчатое плетение хорошо зарекомендовало себя в промышленности для производства трехфасонных заготовок композитных волокон. Кроме того, плетения нитей могут быть размещены на сердечниках, которые могут быть обработаны роботом для обеспечения правильной ориентации волокна. При необходимости, например можно удалить ядро, а на втором этапе формируют плетение, получая балку дугообразной формы.

На рисунке 2 представлен прибор, разработанный научно-исследовательской лабораторией EADS в Оттобрунне (Германия) и образец изогнутого J-элемента жесткости плетения.

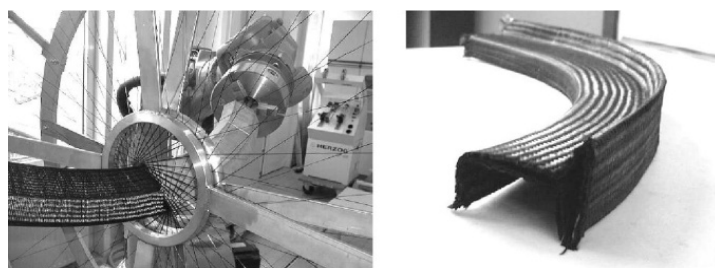


Рис. 2 Производство изогнутого J-элемента жесткости плетения

Научно-исследовательская лаборатория EADS так же работает над новой технологией плетения для создания сложных профилей с реальной 3D структурой волокна. Для реализации этих преформ початки перемещаются по рогообразным шестеренкам вдоль дорожек, индивидуально выбираемых с помощью автоматических переключателей. Этот прибор позволяет генерировать практически любую форму поперечного сечения, а также множество ориентаций волокон в пределах полотна и непрерывных изменений в поперечном сечении профиля. Следовательно, преформы могут быть оптимизированы по геометрии и структуре волокна согласно требованиям нагрузки в соответствующих компонентах [2 с.25.-27].

Основовязанные полотна, в частности те, которые производятся на LIVA машинах, показанной на рисунке 3, уже имеют широкое применение, например, в судостроительной промышленности. Расположение слоев осуществляются в эффективном процессе ткачества - машины имеют выход до 45 м/ч [3 с. 367-380] - эти материалы обеспечивают высокий потенциал экономии в плане затрат и времени для процесса производства композитов.

Благодаря выравниванию прямых нитей в единый слой, нетканые полотна имеют жесткость и прочность выше, чем тканые [4].

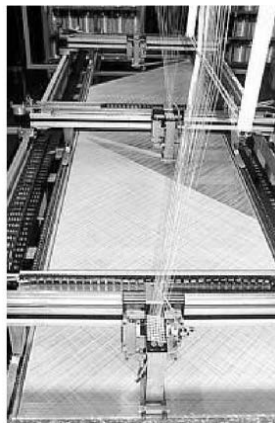


Рис. 3 Многоосевое основовязаное полотно (LIVA техника)

Промежутки между пучками волокон (ровингами), которые являются результатом неподходящего выбора ареального веса, могут вызвать значительные неровности волокна в композите во время отверждения под давлением. Тем не менее, недавнее улучшение данной методики обеспечивает соответствующие свойства даже при фаркопе (в композитах - раскрученный пучок непрерывных нитей углеродных волокон), что приводит к дальнейшему снижению затрат.

У сшивания различных слоев в связи с предварительным формированием волокна есть, главным образом, две функции:

1. Различные полотна могут быть собраны в составную преформу;
2. В связи с дополнительным усилением по толщине могут быть улучшены устойчивость к расслоению ламината и структурная противоударность.

Кроме обычных методов сшивания применяют так же челночный стежок и тамбурный шов, которые нуждаются в доступе к обеим сторонам материала, и поэтому ограничены для сшивания плоских преформ в новых устройствах с одной стороны сшивания. На рисунке 4 показан робот, позволяющий изготавливать сложные преформы 3-d структуры и обычная швейная машина с числовым программным управлением CNC (Computer Numerical Control).

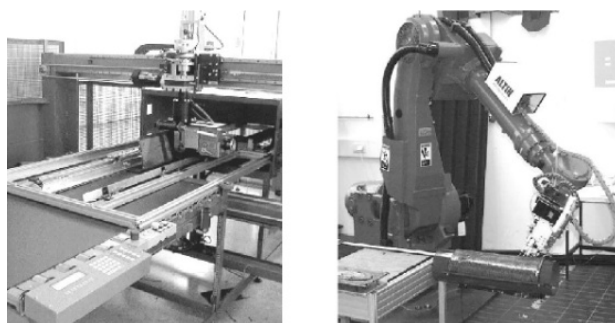


Рис. 4 Обычная швейная машина с числовым программным управлением CNC (Computer Numerical Control) и робот сшивания с одной стороны в EADS (Отторбрунн)

При сшивании тканей повреждение волокна незначительно по сравнению с эффектом смещения волокна в потоке, что приводит к снижению свойств структуры ткани в зависимости от самого метода сшивания и применяемых параметрах оборудования. Текущие фундаментальные исследования в лаборатории EADS акцентированы на оптимизацию технологии сшивания преформ относительно улучшения устойчивости к повреждениям. В связи с этим должны быть рассмотрены параметры сшивания, такие как

свойства нитей (т.е. жесткость, прочность и межфазные свойства и др.), плотность строчки и рисунок ткани. [5].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Brandt, Drechsler, Mohamed, Gu: "Manufacture and performance of carbon/epoxy 3D woven composites"; 37th International SAMPE Conference, Anaheim, 1992
2. Schneider, M.; Wulfhorst, B.: "Bedeutung der Flechttechnologie für die Konstruktion von Faserverbundwerkstoffen"; 35. Internationale Chemiefasertagung Dornbirn, 25.-27. 9. 1996, Verbundwerkstoffe
3. Dexter, H.B.; Hasko, G.H.: "Mechanical properties and damage tolerance of multiaxial warpknit composites"; Composite Science and Technology 56 (1996), 367-380, Elsevier Science Limited
4. Hörsting, K.: "Rationalisierung der Fertigung langfaserverstärkter Verbundwerkstoffe durch den Einsatz multiaxialer Gelege"; Verlag Shaker
5. Schulze, G.; Hennecke, D.K.; Frischbier, J.; Sikorski, S.: "Entwicklung einer Verdichterleitschaukel aus kohlefaserverstärktem Kunststoff"; MTU Focus 1/1995, Motoren und Turbinen-Union München GmbH

УДК 677.07:625.877

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕОСИНТЕТИКИ В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

EXPERIENCE OF GEOSINTETIK IN ROAD CONSTRUCTION

Р.Р. Аллямов
R.R. Allyamov

Ивановский государственный политехнический университет
Ivanovo State Polytechnical University
E-mail: harley-davison47@mail.ru

Рассмотрен опыт применения геосинтетических материалов в отрасли дорожного строительства. Проведен анализ результатов использования геосинтетических материалов в дорожном строительстве. Обозначены основные перспективы использования геосинтетиков при назначении конструктивно-технологических решений по объектам транспортного строительства.

Ключевые слова: геосинтетика, дорожное строительство.

The experience of using of geosynthetic materials in the road construction was taken into consideration. The analysis of results of using geosynthetic materials in the road construction was performed. The main perspective of using geosynthetics in a road construction items was declared.

Keywords: geosynthetics, road construction.

В практике дорожного строительства имеется значительный опыт применения геосинтетических материалов, формированию которых послужило стремительное развитие химической промышленности.

Геосинтетические материалы - это материалы, в которых хотя бы одна из составных частей изготовлена из полимеров, применяемых в геотехнике и инжиниринге окружающей среды, промышленном и гражданском строительстве. Основными исходными полимерами для многих геосинтетиков являются полиэтилен (PE) и полипропилен (PP), полиэстер (PES), поливинилалкоголь (PVA) и арамид (A).

Использование геосинтетических материалов в сфере дорожного строительства привело к успешному решению следующих задач:

- укрепление конусов путепроводов и мостов, откосов, склонов от водной, ветровой эрозии и других форм нарушения местной устойчивости;
- производство дренажей повышенной надёжности и долговечности;
- применение прослоек с изоляционными свойствами;
- реализация специальных решений в виде конструкций «грунт в обойме» при необходимости применения грунтов с неоднородными свойствами.

По причине различий в качестве материалов особое значение приобрели такие признаки как выбор рациональных конструктивных решений и степень эффективности.

По отношению к степени эффективности исходят главным образом из комплексной оценки конкретных решений, с использованием геосинтетических материалов в качестве конструктивных составляющих. Ведущие пути достижения определенного эффекта сводятся к:

- формированию надёжности и долговечности конструкции;
- снижению материалоёмкости;
- минимизации стоимости;
- развитию технологии и качества производства работ.

Долговечность геосинтетических материалов, используемых в дорожном строительстве, складывается из совокупности факторов и условий, важнейшими из которых являются: исходное сырьё; погодно-климатические воздействия; реакция среды объекта или отдельных конструктивных элементов; расчётные нагрузки и воздействия в процессе строительства и эксплуатации.

При выборе геосинтетических материалов для применения в дорожном строительстве широко учитываются экологические требования, которые с каждым годом становятся всё более актуальными. Применяемые материалы должны не только, не загрязнять окружающую среду вредными веществами, но и препятствовать загрязняющим среду компонентам, путем их вымывания или растворения в водной среде.

Производство геосинтетических материалов в России происходит в небольших объёмах, основным видом являются нетканые иглопробивные, далее – объёмные пластиковые георешётки, стекло и базальтовые сетки. Тем не менее, хорошо прослеживается тенденция значительных преобразований устоявшихся дорожных конструкций, строений и технологий при использовании других геосинтетических материалов, в частности композитов.

Наибольшее значение в этом плане приобретает отсутствие необходимости в значительных объёмах природных материалов, таких как песок, щебень, гравий, вследствие внедрения геосинтетических материалов. Эскизные проработки, актуальных на данный момент, решений, с использованием геосинтетики и специальных композитных материалов, допускают значительные изменения в традиционных тенденциях. Применение геосинтетических термоизолирующих материалов приведет к изменению конструктивных и технологических решений при строительстве автомобильных дорог в зонах сезонных промерзаний.

Современное развитие геосинтетики в настоящее время достигло настолько высокого уровня, что позволяет обеспечивать, дорожное строительство практически любыми материалами с различными требуемыми свойствами, определяемыми расчётами и условиями строительства и эксплуатации.

Обширное использование геосинтетических материалов в области дорожного строительства ведет к обеспечению их повышенной надёжности, снижению материалоёмкости, а так же возможности осуществления ремонта практически всех конструктивных элементов.

В целом, можно констатировать, что геосинтетика обрела статус строительного материала, не только в дорожной отрасли, но и в смежных отраслях строительства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Леонович И. И. Использование геосинтетиков в дорожном строительстве / И. И. Леонович // Научно-теоретический и производственно-практический журнал «Строительство». – 2003. – №№ 1-2. – С. 285-294.
2. Воронина М. А. Применение геосинтетических нетканых материалов в дорожном строительстве / М. А. Воронина // XI Международная молодёжная научная конференция «Севергеозкотех-2010»: материалы конференции (17-19 марта 2010 г., Ухта). В 5 ч. Ч. 2. – Ухта: УГТУ, 2010. – С. 266-268.
3. Грузинцева, Н.А., Овчинников, А.А., Лысова М.А., Гусев Б.Н. Совершенствование номенклатуры показателей и оценки качества геотекстильных материалов. // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. - 2014, №3.
4. Львович Ю. М. Тенденции, пути развития и опыт применения геосинтетических материалов в дорожном строительстве / Ю. М. Львович // Применение геоматериалов при строительстве и реконструкции транспортных объектов: материалы 2-й Междунар. науч.-техн. конф. – Санкт-Петербург, 2002.

УДК 338.24

МЕЖКЛАСТЕРНОЕ РАЗВИТИЕ, ПУТИ РАЗВИТИЯ В СФЕРЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ТЕКСТИЛЯ

INTERCLUSTER DEVELOPMENT AND WAYS OF DEVELOPMENT IN THE FIELD OF TECHNICAL TEXTILES

Р.П. Иванова
R.P. Ivanova

Казанский национальный исследовательский технологический университет
Kazan national research technological university
E-mail: dlogscm@kstu.ru

В статье освещен обзор трендов текстильной и легкой промышленности в России. На основе развития межкластерных технологий в промышленном секторе экономики на примере региональной инновационной системы представлен интеграционный механизм взаимодействия подсистем науки и производства. Выявлены преимущества и отличительные особенности межкластерных технологий в текстильной и легкой промышленности.

Ключевые слова: межкластерное развитие, текстильная и легкая промышленность, интеграция, наука, производство.

The article highlights a review of trends of textile and light industry in Russia. On the basis of the development of inter-cluster technology in the industrial sector of the economy on the example of the regional innovation system is represented by the integration mechanism of interaction of science and production subsystems. The advantages and features of the inter-cluster technology in the textile and light industry are disclosed.

Keywords: intercluster development, textile and light industry, the integration of science, manufacture.

Легкая промышленность имеет большое социальное и экономическое значение для развития промышленной индустрии, формируя один из важнейших компонентов благосостояния населения.

Легкая промышленность объединяет множество видов и подвидов экономической деятельности, структурообразующими из которой являются: текстильная, швейная и обувная промышленность.

По данным обследования деловой активности промышленных организаций в декабре 2015г., проводимого Росстатом, индекс предпринимательской уверенности, отражающий обобщенное состояние предпринимательского поведения, в декабре 2015г. по сравнению с декабрем 2014г. понизился в обрабатывающих производствах с (-10%) до (-11%). В среде опрошенных руководителей в декабре 2015г. число оптимистически настроенных на рост производства в течение ближайших 3 месяцев превышает число ожидающих снижения выпуска продукции в обрабатывающих производствах на 4 процентных пункта (для сравнения в добыче полезных ископаемых – на 3 процентных пункта).

В декабре 2015г. экономическую ситуацию в своей организации обрабатывающих производствах считают благоприятной 6% и удовлетворительной – 74% руководителей. Вместе с тем, число пессимистически настроенных в отношении оценки текущей экономической ситуации респондентов превышает число оптимистов на 14 процентных пунктов обрабатывающих производствах.

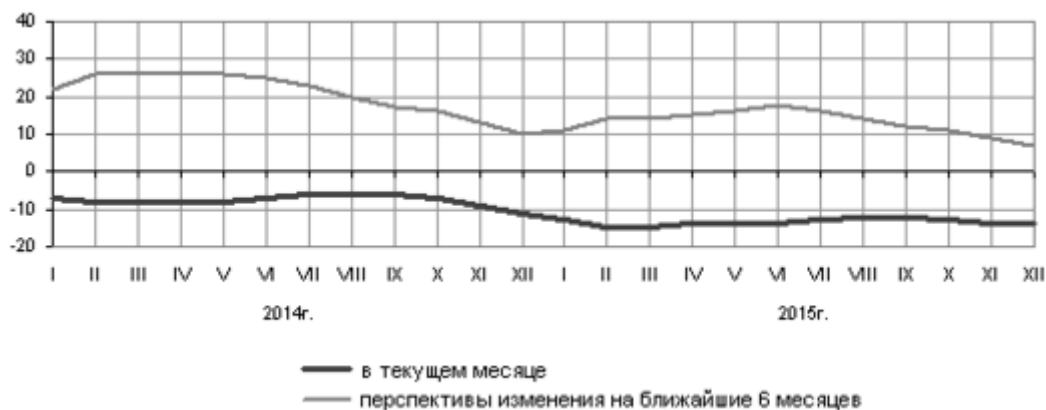


Рис. 1. Общая экономическая ситуация в обрабатывающих производствах (баланс, в процентах) [1]

Улучшение экономической ситуации в ближайшие 6 месяцев ожидают в добыче полезных ископаемых 14% опрошенных, в обрабатывающих производствах - 20%. При этом, число оптимистов превысило число ожидающих ухудшения экономической ситуации в добывающих производствах на 1 процентный пункт, в обрабатывающих производствах - на 7 процентных пунктов.

Текстильное и швейное производство относится к сектору обрабатывающих производств. По итогам 2014г. промышленными предприятиями данного сектора экономики было отгружено продукции на 264 млрд. руб., что составило 97,5% к уровню 2013г. В целом следует отметить положительную динамику увеличения объемов отгруженной продукции в стоимостном выражении, однако индекс промышленного производства текстильного и швейного производства не имеет однозначной тенденции, что наглядно отражено на рис. 1. За анализируемый период с 2005-2014г. доля текстильного и швейного производства в общем объеме отгруженной продукции обрабатывающих производств колебалась в пределах от 0,9-1,1%.

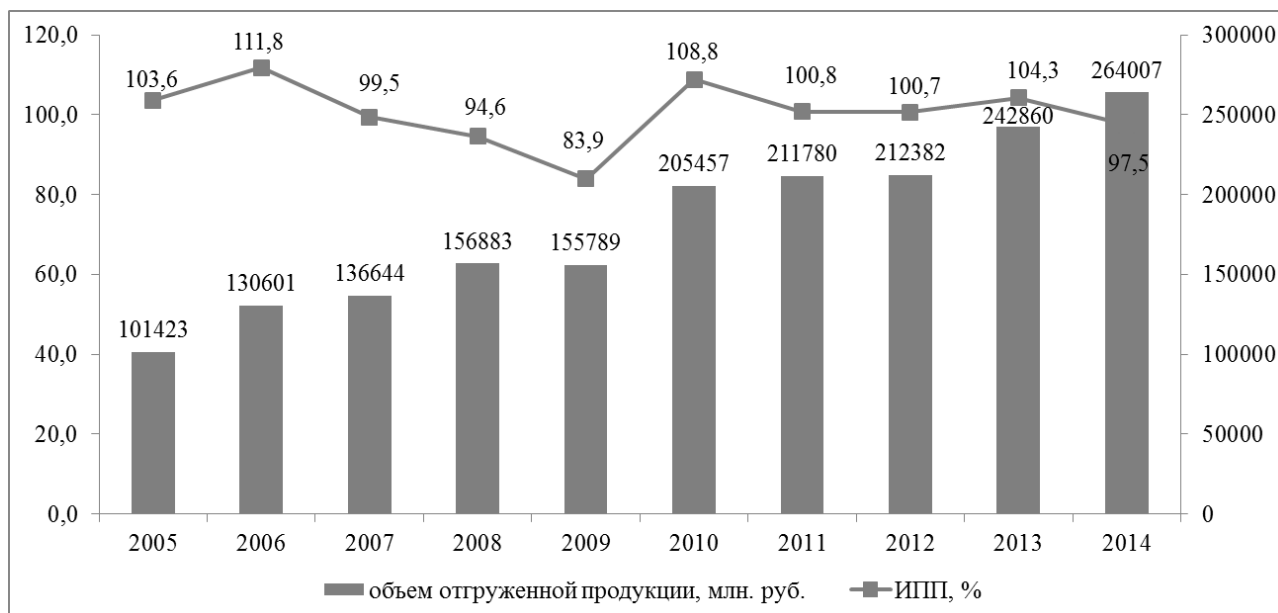


Рис. 2. Динамика объема отгруженной продукции по виду экономической деятельности «текстильное и швейное производство» [1]

В 2015г. по сравнению с 2014г. индекс производства по виду деятельности «Обрабатывающие производства» составил 94,6%, в декабре 2015г. по сравнению с соответствующим периодом предыдущего года – 93,9%. Индекс текстильного и швейного производства в 2015г. по сравнению с 2014г. составил 88,3%, в декабре 2015г. по сравнению с соответствующим периодом предыдущего года – 91,0% [1].

В условиях нестабильности мировой экономической конъюнктуры и действия политики импортозамещения особую актуальность приобретают вопросы внедрения в хозяйственную практику новых форм взаимодействия субъектов промышленного сектора, науки и государства в целях повышения конкурентоспособности текстильного и швейного производства, достижения устойчивого развития российской экономики на базе активизации промышленного потенциала видов экономической деятельности.

Как показывают многочисленные исследования, наиболее эффективной формой взаимодействия подсистем науки и производства в национальной экономической системе является использование кластерных технологий. Побудительными мотивами интеграционного механизма взаимодействия субъектов подсистем с использованием кластерной технологии являются интересы субъектов системы, обусловленные стратегическими целями инновационного развития [2].

В модели интеграционного механизма взаимодействия подсистем науки и производства можно выделить следующие функциональные блоки: управление целями, управление субъектами, локальные механизмы взаимодействия субъектов подсистем, инструменты регулирующего характера (рис. 3).

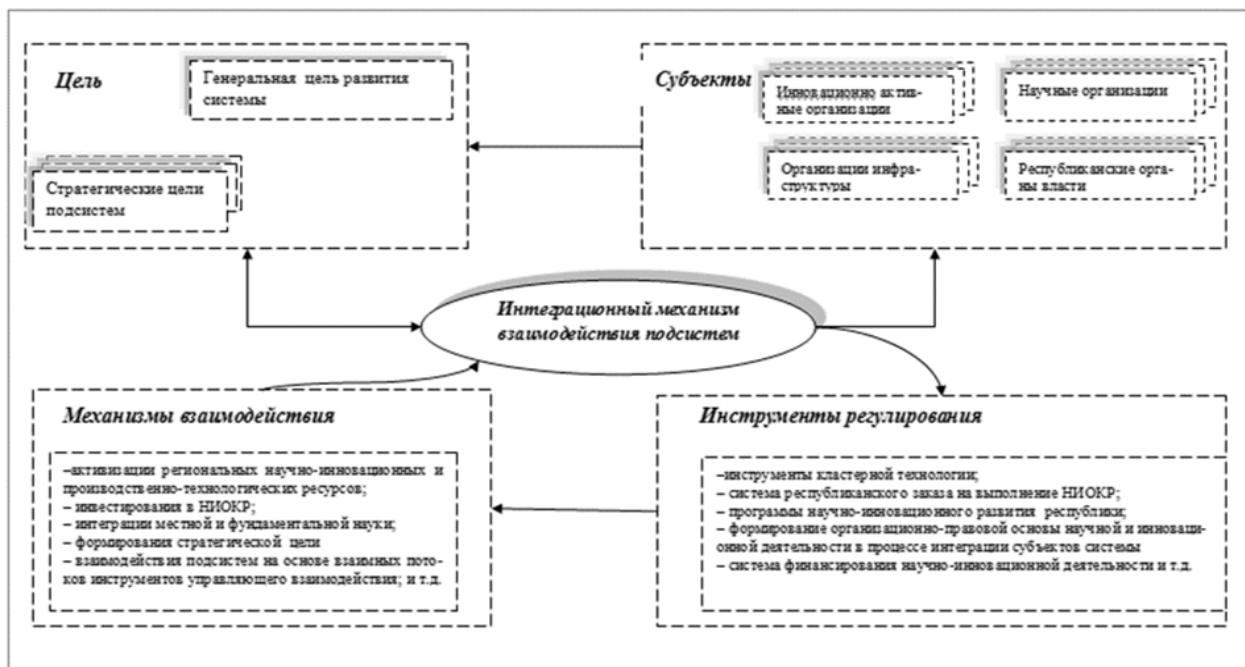


Рис. 3. Интеграционный механизм взаимодействия подсистем науки и производства (на примере региональной инновационной системы)

Стратегическая цель подсистем является системообразующим фактором, на основе которого определяются конкретные формы и способы взаимодействия, организационные структуры, виды интеграционных связей. Стратегические цели подсистем науки и производства обуславливают получение результата функционирования и развития национальной (региональной) экономической системы непосредственно через взаимосвязи структурных элементов, уровень скоординированности которых определяет конечный итог развития системы. Взаимодействие внутри подсистем осуществляется на уровне институциональных групп (промышленность, наука, образование, инфраструктура) и носит горизонтальный характер. Наличие и вид горизонтальных связей обусловлены количеством субъектов, включенных в процесс научно-производственной деятельности. Вертикальная интеграция связана с взаимодействием между подсистемами и отвечает за положительный синергетический эффект функционирования и развития подсистем. Горизонтальные связи субъектов научно-производственной системы разделяются на два типа. Первый вид связи основан на принципе технологической кооперации. Второй вид базируется на самостоятельной экономической деятельности, но взаимосвязанный по операциям обмена ресурсов (совместное финансирование, движение потоков информации и технологий, коммерциализация инноваций и т.д.). Интеграционный механизм взаимодействия науки и производства по вертикальным связям основывается на регулирующем воздействии: государственные (региональные) органы власти – инструменты регулирования (налоговая политика, кредитная политика, программы промышленного развития и т.п.) – субъекты производственно-экономической системы (промышленные предприятия, научные организации, организации инфраструктуры). В качестве механизмов взаимодействия подсистем науки и производства выступают: инвестиции в НИОКР, активизация научно-инновационных и производственно-технологических ресурсов, интеграция прикладной и фундаментальной науки, взаимодействие на основе потоков управляющего воздействия. Инструментами регулирования интеграционного механизма взаимодействия подсистем науки и производства являются кластерные технологии управления, системы государственного заказа выполнения НИОКР, программы научно-технического и инновационного развития, система финансирования научно-исследовательской и

инновационной деятельности, формирование организационно-правовой основы научной и инновационной деятельности в процессе интеграции субъектов хозяйствования [3].

Таким образом, взаимодействие научно-образовательных и предпринимательских структур базируется на внешних и внутренних сетевых связях. Важными звеньями всей цепи интеграции образования, науки и бизнеса являются определенные промежуточные и конечные стадии оценки результатов и обеспечение механизма обратной связи.

Среди сетевых образований в настоящее время наибольшее распространение получают кластерные модели промышленного развития. Кластеры представляют собой сеть субъектов хозяйствования, охватывающую широкий спектр социально-экономических аспектов. Кластеры формируются на идеях сетевого подхода, агрегируют принципы как отраслевого, так и регионального (межотраслевого) объединения участников, основанного на вертикальных взаимоотношениях между разнородными организациями и на взаимодействии бизнес-процессов с быстроменяющимся характером рыночных отношений. Являясь разновидностью предпринимательских сетей, кластеры объединяют широкий круг участников, в том числе производственные, логистические, транспортные, торговые структуры, научно-образовательные учреждения, создавая расширенные цепи поставок инноваций от поставщиков ресурсов, технологий, услуг и информации до конечного потребителя.

Кластерные технологии управления позволяют оптимизировать межфирменные контакты, снизить транзакционные издержки, согласовывать бизнес-модели и стратегические цели бизнеса для его участников, повысить инновационную активность и диверсифицировать бизнес. Более того, кластеры можно рассматривать как диалоговую площадку между бизнесом, научно-образовательным сектором и органами государственной власти на всех уровнях управления. Преимущество кластера состоит в том, что сетевое взаимодействие учреждений различных секторов экономики в интересах взаимовыгодного сотрудничества позволяет оперативно адаптировать внутренние структуры и процессы, а также внешние взаимосвязи к изменяющимся рыночным условиям.

Отличительными особенностями успешной деятельности кластеров являются:

- взаимосвязи, которые позволяют участникам кластеров формировать более мощный производственный, инновационный и рыночный потенциал в сравнении с теми компаниями, которые работают обособленно;
- кооперация и сотрудничество, которые помогают находить и реализовывать в практической деятельности новые управленческие решения и идеи;
- формирование широкого спектра компетенций за счет интеграции учреждений различных секторов экономики;
- ориентация на рыночные потребности, которая составляет основу бизнес-модели и стратегии бизнеса;
- высокая производительность, конкурентоспособность, эффективности и мобильность в процессе ведения предпринимательской деятельности;
- высокая технологичность благодаря использованию передовых технологий в производственном процессе и управлении;
- более быстрое обновление знаний, технологий, продуктов;
- экономия на транзакционных издержках;
- мобильность кадров, ресурсов, технологий, новаций;
- сокращение операционных издержек благодаря общей деятельности системы материально-технического снабжения, производства, распределения и сбыта, сервисного и послепродажного обслуживания.

Кластерные технологии интеграции субъектов хозяйствования позволяют получать преимущества от таких факторов, как географическое расположение, специализация, сотрудничество, кооперация, инновационная деятельность и т.д.

Отличительной чертой кластера является целевая предпринимательская деятельность. В рамках кластера интегрируются производственные структуры, инновационный бизнес,

научно-образовательные институты, другие субъекты научно-производственной, инвестиционной и инновационной инфраструктуры, органы государственного управления [4]. Все это дает значительные преимущества в конкурентной борьбе, обеспечивает повышенную гибкость, эффективность, активизацию инновационной деятельности, перераспределение рисков и диверсификацию производства, формируя единые технологические цепочки создания стоимости и цепочки знаний.

Таким образом, использование кластерных технологий в деятельности предприятий текстильного и швейного производства позволит обеспечить интеграцию науки, образования, бизнеса и государства на приоритетных направлениях развития промышленности, обеспечит достижение положительного синергетического эффекта и повышение конкурентоспособности данного сектора экономики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Материалы сайта Росстата [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gks.ru>.
2. Иванова Р.П. Специфика интеграционных процессов в инновационной среде // Экономический вестник Республики Татарстан. 2015, №3, – С. 62-66.
3. Горюнова Л.А. Управление развитием инновационной системы региона: теория и методология автореферат: дис. р-р. экон. наук. / Л.А. Горюнова. – Улан-Удэ, 2012.
4. Асаул А.Н. Организация предпринимательской деятельности. – СПб.: АНО ИПЭВ, 2009. – 336 с.

УДК 691.328.4

К ВОПРОСУ О ПРОЧНОСТИ СЦЕПЛЕНИЯ КОМПОЗИТНОЙ АРМАТУРЫ С БЕТОНОМ

TO THE QUESTION OF ADHESION STRENGTH OF COMPOSITE REINFORCEMENT WITH CONCRETE

И.В. Караваев, В.Е. Румянцева, В.С. Коновалова
I.V. Karavaev, V.E. Rumyantseva, V.S. Konovalova

Ивановский государственный политехнический университет
Ivanovo State Polytechnical University
E-mail: ivakaa@gmail.com, varrym@gmail.com, kotprotiv@yandex.ru

Рассмотрены направления применения композитной арматуры в различных отраслях промышленности. Изучено поведение композитной арматуры в среде бетона и в растворе хлорида магния. Исследовано изменение прочностных характеристик композитной арматуры в результате воздействия жидких сред. Предложен новый способ навивки, обеспечивающий высокое сцепление композитной арматуры с бетоном.

Ключевые слова: композитная арматура, предел прочности, сцепление, бетон, навивка, жидкая среда, раствор хлорида магния.

The directions of application of composite reinforcement in various industries are considered. The behavior of composite reinforcement in the environment of concrete and in the solution of magnesium chloride is studied. Change of strength characteristics of composite reinforcement as a result of influence of liquid environments is investigated. The new method of winding which provides high adhesion of composite reinforcement with concrete is offered.

Key words: composite reinforcement, ultimate strength, adhesion, concrete, winding, liquid environment, solution of magnesium chloride.

Композитные материалы успешно используются в течение многих десятилетий в различных промышленных секторах: авиационно-космическом, автомобильном, железнодорожном, оборонном, телекоммуникационном, спортивном, развлекательном и т.д. Свойства композитов, в сочетании с уменьшением издержек производства, продолжают стимулировать рост спроса на их использование, вместо традиционных материалов, таких как металл. Главные преимущества композитных материалов по сравнению с металлами и их сплавами: низкая плотность, высокая удельная жесткость и прочность, достаточная усталостная прочность, высокое сопротивление коррозии, хорошая теплоизоляция и низкое температурное расширение [1]. Эти качества делают применение композитных материалов весьма привлекательным.

В последнем десятилетии различные теоретические и практические исследования были посвящены замещению стальной арматуры на стеклопластиковую, поскольку этот материал не подвергается коррозии и, таким образом, обеспечивает долговечность конструкции [2].

В настоящее время композитную арматуру используют для замещения секций из стальной сетки, поручней и лестниц в прибрежных нефтедобывающих платформах [3].

Неметаллическая арматура выпускается в виде стержней со спиральным рельефом из стеклянных или базальтовых волокон, пропитанных химически стойким полимером. Рифленая поверхность арматуры создается посредством спиральной обмотки стержня жгутом в процессе его формирования (рис. 1).

Композитная арматура не подвергается воздействию агрессивных сред, однако из-за поглощения стекловолокном жидкой среды увеличивается масса арматуры, происходят структурные изменения внутри стержня, приводящие к снижению прочностных характеристик (таблица 1).

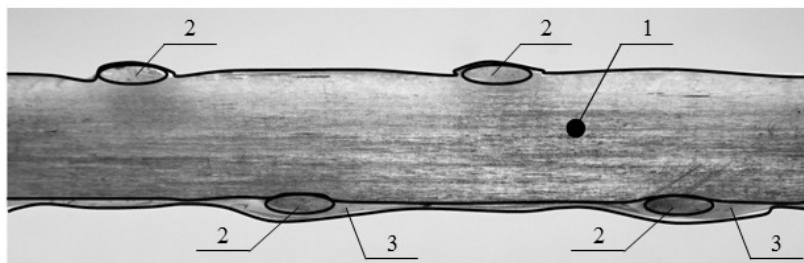


Рис. 1. Продольный срез АСП: 1 – основа, 2 – профиль, 3 – подтеки эпоксидной смолы

Таблица 1

Характеристики композитной арматуры после 6 месяцев воздействия жидких сред

Вид среды	Увеличение массы, %	Предел прочности на растяжение, МПа	Модуль упругости, МПа
-	-	1170	54700
MgCl ₂ (pH = 5,6)	9,02	1130	54500
NaOH + CaCO ₃ (pH = 12)	8,77	1110	54100

Надежное сцепление арматуры с бетоном, препятствующее сдвигу арматуры в бетоне, обеспечивает совместную работу системы и определяется геометрическими параметрами профиля арматуры. Прочность сцепления арматуры с бетоном зависит, в основном, от механического зацепления за бетон неровностей на поверхности арматуры.

Для определения адгезионной составляющей в анкеровке, были подготовлены образцы длиной 270 мм. Прутки арматуры были помещены в форму для заливки бетоном с длиной анкеровки 60 мм. Форма представляет собой куб со стороной 100 мм. По истечению 28 суток образцы были испытаны на вырывание.

Применение удерживающего устройства, изображенного на рис. 2 [4], позволяет избежать перекоса образца в процессе испытания, за счет дополнительной степени свободы.

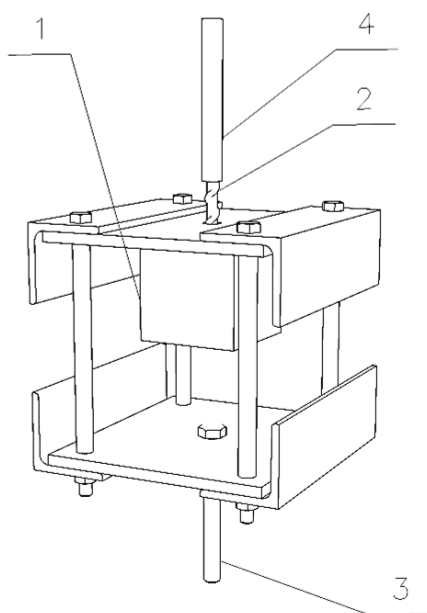


Рис. 2. Удерживающее устройство с установленным образцом:
1 – бетонный образец, 2 – пруток композитной арматуры, 3 - тяга, 4 – гильза

В результате, в процессе испытания, опорная пластина занимает перпендикулярное положение к линии действия силы, устанавливая пруток соосно с захватами разрывной машины.

Во время проведения первой серии опытов, было обнаружено, что при вырывании прутка, кубики давали трещины. Косвенно, это могло отразиться на достоверности результатов, поэтому, была проведена дополнительная серия испытаний, исключая образование трещин. Для этого использована жесткая несъемная опалубка в виде стальной трубы диаметром 100 мм, толщиной стенки 4 мм длиной 150 мм, ограничивающая растрескивание образца в процессе эксперимента и моделирующая реальные условия обжатия образца. Результаты испытаний приведены в таблице 2.

Таблица 2

Тип покрытия	Усилие вырывания, кН	
	Бетонный куб	Несъемная опалубка
Без покрытия	41,0	40,8

На рис. 3 показано распределение напряжений в стержне композитной арматуры при вырывании из бетона. Стрелками показано направление вырывания стержня композитной арматуры из бетона. Переход от темного цвета к светлому показывает увеличение напряжения растяжения в стержне композитной арматуры.

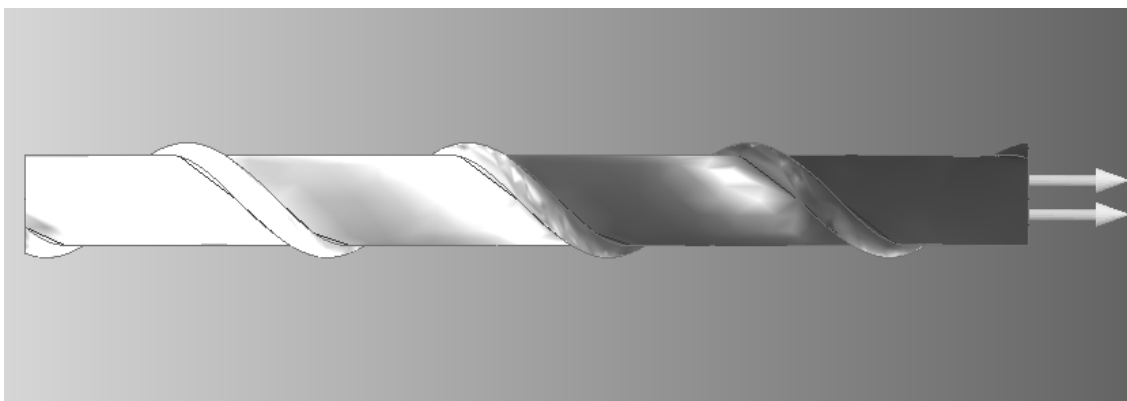


Рис. 3. Распределение напряжений в стержне композитной арматуры при вырывании из бетона

Для улучшения сцепления поверхности композитной арматуры с бетоном предложен новый способ навивки на стеклопластиковый стержень (рис. 4). Как видно на рис. 4, с одной стороны образуется полоса из петель навивки, создающая дополнительное сопротивление при вырывании прутка из бетона. Таким образом, предлагаемый авторами новый вид профиля композитной арматуры приближен к виду периодического профиля стальной арматуры.

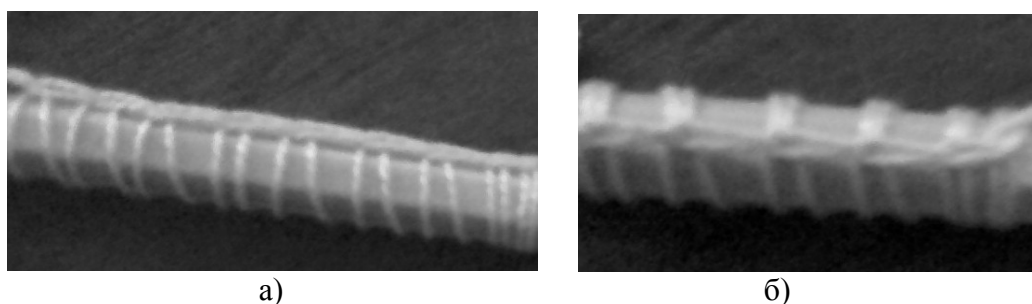


Рис. 4. Способ навивки для композитной арматуры: а) вид сбоку, б) вид сверху

Увеличение адгезии в системе «композитная арматура - бетон» является одним из перспективных направлений, поскольку для стекловолоконной арматуры проблема низкой адгезии стоит очень остро, а изменение свойств поверхности может быть произведено в любое время, как в процессе изготовления, так и уже у выпущенной продукции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Mallick, P.K. Fiber-Reinforced Composites Materials, Manufacturing, and Design. Taylor&FrancisGroup, LLC, 2007. 617 p.
2. Волчок Д. Что такое композитная арматура? / Журнал “Кирпич” №5 (5), 2012 г. С. 6-11.
3. Mohamed El-Reedy. Steel-reinforced concrete structures: assessment and repair of corrosion. Taylor & Francis Group, 2008. 218 p.
4. Приспособление для проведения испытаний по вырыванию из бетона прутка композитной арматуры: свидетельство №149570 Рос. Федерация. №201412276/28; заявл. 02.06.2014; опубл. 10.01.2015, Бюл. № 1. 3 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ КИСЛОРОДНОГО ИНДЕКСА ОБРАЗЦОВ ДРЕВЕСИНЫ ОТ КОНЦЕНТРАЦИИ АНТИПИРЕНА

RESEARCH OF DEPENDING OF WOODEN SPECIMENS OXYGEN INDEX ON THE CONCENTRATION OF FIRE-RETARDANT

Н.М. Панев¹, А.А. Александров¹, А.А. Воронцова², Д.В. Калашников², А.Л. Никифоров¹
N.M. Panyov¹, A.A. Aleksandrov¹, A.A. Vorontsova², D.V. Kalashnikov², A.L. Nikiforov¹

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России
Испытательная пожарная лаборатория по Ивановской области
Ivanovo fire and rescue Academy of state fire service of EMERCOM of Russia
Test fire laboratory in the Ivanovo region

Рассмотрены основные проблемы, связанные с применением древесины в строительстве зданий жилого и общественного назначения. Выделена горючесть древесины как основное препятствие на пути её применения. Обоснована необходимость проведения мероприятий по снижению пожарной опасности древесины. Указаны основные недостатки существующих огнезащитных композиционных составов для деревянных строительных конструкций. Определены первоочередные задачи по созданию научно-обоснованной методики подбора компонентов для антипиреирующих составов. Рассмотрено влияние концентрации жидкого стекла на значения кислородного индекса испытываемых образцов.

Ключевые слова: строительные конструкции из древесины, горючесть, снижение пожарной опасности, огнезащитные композиционные составы, научно-обоснованная методика, показатели пожарной опасности, жидкое стекло, кислородный индекс.

Main problems of application of wood for construction of buildings for residential and public use are examined. Combustibility of wood is shown as the main obstacle to its application. The necessity of measures for reduction of fire hazard of wood is proved. The main disadvantages of existing fire-resistant composite materials for wooden building constructions are examined. First-time tasks to create scientific-based methodology for the selection of components for fire-retardants are determined. Influence of the concentration of liquid glass to the values of oxygen index of tested specimens is investigated.

Key words: wooden structural elements, combustibility, reducing of fire hazard, fire protection compositions, scientific-based methodology, ratings of fire hazard, liquid glass, oxygen index.

Анализ обстановки с пожарами на территории Российской Федерации за 2015 год [1], размещённый на официальном сайте МЧС России, показывает, что большая часть всех пожаров, а, следовательно, и большая доля нанесённого ими ущерба, приходится на жилой сектор. За прошедшие годы анализ обстановки с пожарами показывает аналогичную статистику.

Следует отметить, что в жилом секторе в достаточно больших количествах используется древесина и ее производные. В силу своих поистине уникальных физико-химических свойств и особенностей строения, а также восполняемости природных запасов древесина еще долгие годы будет являться одним из наиболее востребованных конструкционных и декоративно-отделочных материалов. Основным недостатком строительных материалов на основе древесины является их повышенная пожарная опасность.

На основании вышеизложенного вполне естественным оказывается поиск путей снижения пожарной опасности древесины.

Мероприятия по снижению пожарной опасности древесины могут благоприятно сказаться на статистике пожаров и, как следствие, количестве погибших и пострадавших на пожарах, а также снизить показатели материального ущерба. Следует отметить, что данная проблема достаточно интенсивно решается на протяжении последних 30-40 лет. Так для снижения пожарной опасности строительных конструкций из древесины применяется

обработка огнезащитными композициями. К сожалению, на сегодняшний день в Российской Федерации не существует нормативных документов, предписывающих собственнику объекта защиты проводить обработку в обязательном порядке. Мероприятия по обработке строительных конструкций из древесины огнезащитными средствами проводятся исключительно на добровольной основе и являются личным выбором собственника объекта защиты.

Нами был проведен достаточно большой обзор научных публикаций за последние 50 лет, посвященных исследованиям пожарной опасности древесины различных пород, огнезащите деревянных конструкций, оценке эффективности и качества огнезащитной обработки, а также собственно разработке новых рецептур огнезащитных составов и изучению влияния данных составов на прочностные свойства древесины. Отметим, что в большинстве случаев эффект огнезащиты древесины и строительных конструкций на её основе достигается за счёт заполнения древесных пор, содержащих воздух, негорючими веществами, блокирующими доступ окислителя к целлюлозе [3,7,8,10].

В ряде работ [6,7,8] показано, что большинство используемых огнезащитных составов для древесины многокомпонентны. На наш взгляд это негативно отражается на их эксплуатационных свойствах и делает их малоэффективными для широкого применения.

Зачастую перечисленные причины в совокупности с высокой стоимостью огнезащитных мероприятий заставляют собственника отказаться от огнезащиты, что негативно сказывается на состоянии пожарной безопасности объектов защиты. [4,5,9] Излишне отмечать негативные последствия таких действий. Поэтому на сегодняшний день актуальной задачей остается разработка эффективных огнезащитных составов с приемлемой стоимостью.

Выявленные проблемы говорят о необходимости разработки научно-обоснованной методики, которая в перспективе позволит создать огнезащитный состав, не уступающий имеющимся на рынке сегодня по эксплуатационным параметрам и превосходящий существующие по экономическим показателям. Данная методика должна базироваться на комплексной оценке свойств различных индивидуальных химических веществ, входящих в состав существующих антипиренов.

В ходе данной работы нами проводится изучение и поиск веществ, эффективно снижающих пожароопасные свойства древесины, осуществляется подбор их оптимальных концентраций. Для этого исследуются показатели пожарной опасности древесных материалов, обработанных испытываемыми веществами. [2]

На начальном этапе работ исследования проводились на жидком стекле. Данный препарат производится в Ивановской области, имеет низкую стоимость и всегда имеется в наличии в открытой розничной и оптовой продажах. В одной из предыдущих наших работ говорилось о возможности применения жидкого стекла как одной из составляющих антипирена. [11] Совместно с огнезащитным препаратом, предназначенным для пропитки тяжёлых целлюлозосодержащих тканей, жидкое стекло в различных концентрациях показало положительные результаты при огневых испытаниях обработанных им образцов древесины. В ходе испытаний отмечалась продолжительность самостоятельного горения и тления образцов после удаления источника зажигания.

На следующем этапе работы нами было изучено влияние жидкого стекла на показатель кислородного индекса.

Показатель кислородного индекса означает минимальное содержание кислорода в кислородно-азотной смеси, при котором возможно самостоятельное свечеобразное горение зажигаемого вертикально закреплённого образца в условиях специальных испытаний. [2]

В ходе выполнения данного этапа исследований проводилась обработка образцов сосновой древесины размерами 70×8×3 мм водным раствором жидкого стекла с концентрацией вещества 10, 30, 50 и 100 г/л, с последующим испытанием образцов на установке для определения кислородного индекса Oxygen Index Module. Параллельно проводились испытания сухих (необработанных) образцов древесины.

Все испытания проводились на базе Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России согласно стандартным методикам [2]. Установлено, что показатель кислородного индекса в значительной мере зависит от концентрации жидкого стекла в пропиточном растворе. Полученные результаты приведены на рис.1.

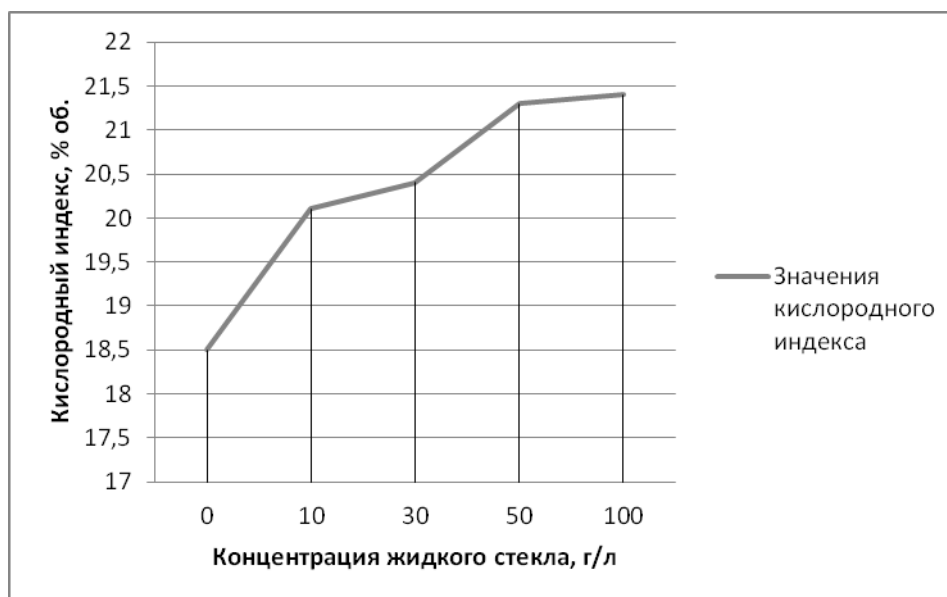


Рис. 1. Зависимость кислородного индекса от концентрации жидкого стекла в пропиточном растворе.

Из представленной зависимости видно, что увеличение содержания жидкого стекла в пропиточном растворе приводит к увеличению показателя кислородного индекса. Это означает, что жидкое стекло может быть рекомендовано к использованию в качестве индивидуального антипирена.

Продолжение работы мы видим в исследовании жидкого стекла, а также в анализе других популярных индивидуальных антипиренов в качестве возможной основы для создания новых высокоэффективных композиционных огнезащитных препаратов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анализ обстановки с пожарами и последствиями от них на территории Российской Федерации за 2015 год. Официальный сайт МЧС России, ссылка: http://www.mchs.gov.ru/activities/stats/Pozhari/2015_god (дата обращения к источнику 14.04.2016)
2. ГОСТ 12.1.044-89 "Пожаровзрывоопасность веществ и материалов".
3. ГОСТ Р 53292-2009 "Огнезащитные составы и вещества для древесины и материалов на ее основе. Общие требования. Методы испытаний".
4. Голованов В.И. и др. Строительные конструкции и материалы: исследование огнестойкости, пожарной опасности, средств огнезащиты // Пожарная безопасность. – 2012. – № 2. – С. 79 – 88.
5. Оценка качества огнезащиты и установление вида огнезащитных покрытий на объектах: руководство. М: ВНИИПО, 2011. 39 с.
6. Патент РФ №2079403
7. Патент РФ №2510751
8. Патент РФ №2206444
9. Сивенков А.Б. Влияние физико-химических характеристик древесины и ее пожарную опасность и эффективность огнезащиты. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. - 2015, М, 289 с.

10. Собурь С.В. Огнезащита материалов и конструкций: Справочник. - 5-е изд. (с изм.) - М.: ПожКнига, 2014. - 256 с., ил.
11. Панев Н.М., Никифоров А.Л., Тимофеева С.В., Мочкаев С.И. Разработка малобюджетных огнезащитных составов для древесины на основе использования отечественного сырья. – Пожарная и аварийная безопасность: материалы IX Международной научно-практической конференции, Иваново, 20-21 ноября 2014 г. / под общей редакцией канд. техн. наук, доц. И.А. Малого. – Иваново: Ивановский институт ГПС МЧС России, 2014. – 412 с.

УДК 677.014 – 615.468

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА
РАЗРЫХЛЕНИЯ ВОЛОКНИСТОЙ СМЕСИ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ
КАЧЕСТВА АЭРОДИНАМИЧЕСКОЙ РАССОРТИРОВКИ ВОЛОКОН ПРИ
ИЗГОТОВЛЕНИИ НЕТКАНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**ENHANCEMENT THE EFFICIENCY OF THE PROCESS
OPENING THE FIBROUS MIXTURE TO IMPROVE
QUALITY OF AERODYNAMIC SORTING OF FIBERS IN
THE MANUFACTURE OF NONWOVEN COMPOSITE MATERIALS**

И.Г. Хосровян, М.А. Тувин, Т.Я. Красик, Г.А. Хосровян
I.G. Khosrovyan, M.A. Tuvin, T.Ya. Krasik, G.A. Khosrovyan

Ивановский государственный политехнический университет
Ivanovo State Polytechnical University
E-mail: ti@ivgpu.com, ask_smart@mail.ru

Рассматривается процесс ударного воздействия колка на волокнистый комплекс в узле разрыхления в оборудовании для получения нетканых композиционных материалов. На основе законов механики выведена аналитическая зависимость, моделирующая процесс сжатия волокнистого комплекса на колке. Установлено, что сила удара колка о волокнистый комплекс практически пропорциональна квадрату радиуса рабочего барабана.

Ключевые слова: нетканые композиционные материалы, разрыхление, волокнистый комплекс, колкок рабочего барабана, математическое моделирование.

Considered the process of impact of pin on fibrous complex at the unit of the opening in the equipment for obtaining nonwoven composite materials. On the basis of laws of mechanics derived analytical dependence, simulating process of compression of the fibrous complex at the pin. It is established that the force of the impact on fibrous complex is almost proportional to the square of the radius of the working drum.

Keywords: nonwoven composite materials, opening, fibrous complex, pin of the working drum, mathematical modeling.

При изготовлении нетканого композиционного материала, состоящего из двух слоев шерстяных волокон и тканого полотна для армирования, использовались разработанные нами способ и оборудование для получения многослойных волокнистых материалов [1, 2]. Разработанный способ заключается в направленном перемещении под воздействием воздушных потоков волокнистого потока и разделении последнего на фракции по зонам формирования слоев в распределительной камере, в которой создаются внутренние воздушные потоки, направленные в зону формирования волокнистых слоев с разделением их на составляющие, в зону сороудаления и в зону обеспыливания.

Для улучшения качества аэродинамической рассортировки волокон в камере распределения с целью получения высококачественных волокнистых слоев с заданными физико-механическими свойствами и толщиной необходимо повысить эффективность

процесса разрыхления. Для этого было разработано новое оборудование для получения нетканого композиционного материала, состоящее из узла питания, усиленного узла разрыхления, камеры распределения, узлов формирования слоев, транспортеров и рамы для рулонов ткани [3].

Усиленный узел разрыхления состоит из четырех рабочих барабанов. Особенностью рабочих барабанов является то, что каждый из них снабжен различными рабочими элементами. Передача волокон от барабана к барабану происходит бережно и без повреждения волокон за счет оптимизации параметров гарнитуры и скоростных параметров рабочих барабанов.

При сравнительно большой скорости рабочих барабанов элементы его гарнитуры, кроме захвата волокнистого материала и расщипывания его, производят на него ударное воздействие, что увеличивает эффект разрыхления и выделения сорных примесей. Это наиболее актуально при переработке особо засоренного сырья и отходов, которые используются в производстве нетканых материалов.

В процессе разрыхления степень выделения сорных примесей из волокнистой смеси зависит от силы удара колка о волокнистые комплексы.

Ниже приводится математическое моделирование силового воздействия колка на волокнистый комплекс с целью определения взаимосвязи характеристики волокнистой смеси, параметров гарнитуры, радиуса и частоты вращения рабочего барабана [3, 4].

Рассмотрим изменения механического состояния волокнистого комплекса во время удара о колок разрыхлителя-очистителя. При ударе волокнистый комплекс за короткое время приобретает значительную скорость и под действием сил инерции и аэродинамических сил, резко сжимаясь, изменяет свою форму. Графическая иллюстрация этого процесса в инерциальной системе координат, связанной с колком, представлена на рис.1. Далее волокнистый комплекс будем моделировать сжимаемым воздухопроницаемым шаром с диаметром $2R_{ком}$. Полагаем, что удар волокнистого комплекса о колок происходит в точке M_K , которая находится на расстоянии $h_{ком}$ от поверхности барабана разрыхлителя.

До момента удара (во время t_1) центр масс волокнистого комплекса находится в точке M_D . В момент завершения удара (во время t_2) центр масс волокнистого комплекса в инерциальной системе координат переместится в точку M_{II} , которая находится ближе к поверхности колка по сравнению с точкой M_D . Обозначим через $\Delta s_{y\delta} = |M_{II} M_D|$ - расстояние, на которое центр масс волокнистого комплекса переместится относительно колка за время удара (за промежуток времени $\Delta t = t_2 - t_1$). В силу того, что размеры волокнистого комплекса значительно меньше радиуса барабана, полагаем, что точки M_D и M_{II} отстоят от поверхности барабана на расстояние $h_{ком}$.

Обозначим угловую скорость вращения барабана через ω . Волокнистый комплекс массы m в момент времени t_1 имеет скорость V_1 , равную нулю. Принимаем, что в момент времени $t_2 = t_1 + \Delta t$ волокнистый комплекс приобретает скорость $V_2 = \omega(R_B + h_{ком})$, равную окружной скорости точки, находящейся на расстоянии $R_B + h_{ком}$ от оси барабана. За время Δt приращение скорости волокнистого комплекса составит

$$\Delta V_{ком} = V_2 - V_1 = \omega(R_B + h_{ком}). \quad (1)$$

Колок, на котором находится волокнистый комплекс, повернется за этот промежуток времени Δt относительно оси барабана на угол

$$\Delta \varphi \approx \Delta s_{y\delta} / (R_B + h_{ком}). \quad (2)$$

Время, которое затрачивается на приобретение волокнистым комплексом скорости V_2 , определяется через угловую скорость барабана:

$$\Delta t = \Delta \varphi / \omega. \quad (3)$$

Величина модуля вектора силы удара $\vec{F}_{y\delta}$, с которой колок воздействует на волокнистый комплекс, определяется по закону Ньютона по следующей формуле:

$$F_{уд} = m \frac{\Delta V_{ком}}{\Delta t} = m \frac{[\omega(R_B + h_{ком})]^2}{\Delta s_{y\delta}}. \quad (4)$$

Удельная величина силы удара колка о волокнистый комплекс $\bar{F}_{уд}$ рассчитывается по формуле

$$\bar{F}_{уд} = \frac{F_{уд}}{mg} = \frac{[\omega(R_B+h_{ком})]^2}{g\Delta s_{y\partial}}, \quad (5)$$

где g - ускорение свободного падения.

Очевидно, что расстояние Δs численно может быть выражено в долях величины $R_{ком}$:

$$\Delta s_{y\partial} = k_{y\partial} R_{ком}, \quad (6)$$

где $k_{y\partial} < 1$ – коэффициент, учитывающий эффект сжатия волокнистого комплекса при ударе.

Следовательно,

$$F_{уд} = m \frac{[\omega(R_B+h_{ком})]^2}{k_{y\partial} R_{ком}}, \quad (7)$$

а

$$\bar{F}_{уд} = \frac{F_{уд}}{mg} = \frac{[\omega(R_B+h_{ком})]^2}{k_{y\partial} g R_{ком}}. \quad (8)$$

В случае, когда $h_{ком} \ll R_B$,

$$\bar{F}_{уд} = \frac{F_{уд}}{mg} = \frac{(\omega R_B)^2}{k_{y\partial} g R_{ком}}. \quad (9)$$

Как следует из (4) сила удара колка о волокнистый комплекс практически пропорциональна квадрату радиуса барабана. Следовательно, увеличение радиуса барабана интенсифицирует процесс обработки волокнистого комплекса в узле разрыхления оборудования для получения нетканого композиционного материала.

Выводы:

1. Разработана математическая модель процесса ударного воздействия колка на волокнистый комплекс в узле разрыхления в оборудовании для получения нетканого композиционного материала. Установлено, что сила удара колка о волокнистый комплекс практически пропорциональна квадрату радиуса рабочего барабана. Решение уравнения связывает характеристики волокнистого комплекса, параметры гарнитуры, радиус и частоту вращения рабочего барабана.

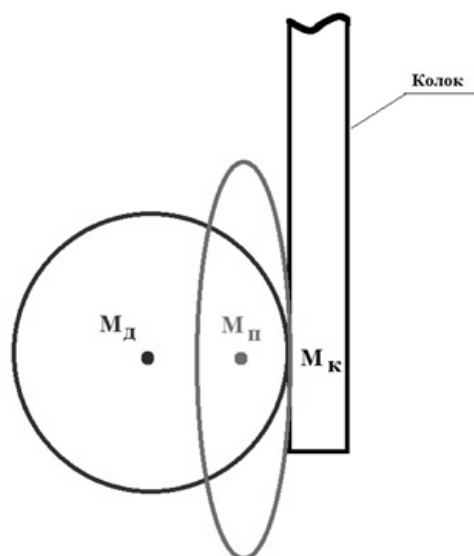


Рис. 1 Схема сжатия волокнистого комплекса во время удара

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 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.– Оpubл. 10.01.2013.

2. Хосровян, И.Г. Разработка способа и математическое моделирование процесса получения текстильных армированных материалов / И.Г. Хосровян // Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX-2015): сборник материалов XVIII международного научно-практического форума - Иваново, 2015. - С. 146-148.
3. 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. 194-197.
4. Хосровян, И.Г. Математическое моделирование движения волокнистого комплекса на колке барабана разрыхлителя / И.Г. Хосровян, Т.Я. Красик, Г.А. Хосровян // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013. - № 4. - С. 85-88

УДК 658.562.4

СТАНДАРТИЗАЦИЯ НОВОЙ МЕТОДИКИ ИСПЫТАНИЙ И ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ ГЕОТЕКСТИЛЬНЫХ ПОЛОТЕН ПРИ ДЕЙСТВИИ РАЗЛИЧНЫХ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ФАКТОРОВ

STANDARDIZATION OF NEW TEST METHODS AND RELIABILITY EVALUATION OF GEOTEXTILE CLOTHS UNDER THE ACTION OF VARIOUS OPERATING FACTORS

Т.О. Гойс, А.Ю. Матрохин
T.O. Goys, A.Yu Matrokhin

Ивановский государственный политехнический университет
Ivanovo State Politechnical University
E-mail: tob200786@mail.ru, mtsm@ivgpu.com

Рассмотрены существующие подходы к испытанию и оценке эксплуатационных характеристик геотекстильных полотен. Показаны особенности нового подхода к оценке надежности геотекстильных полотен с использованием компьютерных изображений. Обозначены основные структурные элементы стандарта организации на методику испытания.

Ключевые слова: геотекстильные полотна, эксплуатационные факторы, надежность, компьютерные изображения, методика испытания, стандартизация.

Analysis of existing approaches to testing and evaluating the performance of geotextile fabrics. The features of the new approach to assessing the reliability of geotextile fabrics with the use of computer images. Identifies the basic structural elements of the standard on methods of test.

Keywords: geotextile cloths, operating factors, reliability, computer images, test methods, standartization.

После выполнения процессов монтажа геотекстильные материалы подвергаются воздействию различных факторов, приводящих к существенному изменению их свойств. Для повышения надежности геотекстильных элементов и строительных конструкций необходимо учитывать влияние различных эксплуатационных факторов, включая природно-климатические особенности, водно-тепловой режим конструкций, воздействие ультрафиолета. Назначение и условия эксплуатации геотекстильных материалов определяют важность оценки их повреждаемости под действием различных факторов. Например, недостаточное внимание к воздействию климатических факторов на характеристики геотекстильного материала при строительстве, реконструкции и модернизации автомобильных дорог приводит к образованию различного рода деформаций и разрушений, снижающих расчетные сроки службы дорожных конструкций. При устройстве современной

кровли (или фундамента) необходимо также учитывать влияние ультрафиолетовых лучей на прочностные характеристики геотекстильного материала, особенно на этапе его использования до момента установки внешнего слоя кровли (или до начала монтажа опорных блоков).

Сущность стандартных методик оценки надежности полотен заключается в имитации механических повреждений, возникающих при контакте геосинтетических материалов с гранулированными материалами при действии циклической нагрузки, оценке характера повреждений и степени сохранения механических свойств. Согласно [1] стойкость геосинтетических материалов к действию циклической нагрузки оценивается индексом повреждения геосинтетических материалов. Индекс повреждения C_R определяет степень снижения величины оцениваемого параметра образца после действия циклической нагрузки согласно выражению:

$$C_R = \frac{T_R}{T_0} \times 100 \quad (1)$$

где T_0 – величина исследуемого параметра, определяемая по результатам оценочного испытания контрольного образца; T_R – величина исследуемого параметра, определяемая по результатам оценочного испытания образца, подвергнутого воздействию циклической нагрузки.

Основными недостатками приведенной стандартной методики являются низкая производительность процедуры при высоких трудозатратах, а также недостаточная информативность оценок или затруднения у потребителей в их получении с технологической точки зрения. С другой стороны стандартные методы оценки степени износа текстильных полотен [2] опираются на визуальный осмотр образцов до и после физико-механических воздействий на предмет наличия сквозных повреждений с последующей балловой органолептической оценкой. Следствием этого является субъективность оценки. Даже при наличии подробного описания изменений и необходимых условий проведения оценки ее результаты существенно зависят от субъективного фактора. Кроме того, в стандарте невозможно прописать исчерпывающие количественные показатели, отражающие изменения в структуре материала.

Главной особенностью предлагаемого подхода к решению данной проблемы является применение средств компьютерной техники и соответствующего программного обеспечения. Техническим средством, позволяющим проводить анализ структурных изменений геотекстильного материала, является компьютерная программа, анализирующая изображения образцов на различных стадиях испытательного цикла (рис.1). На первоначальном этапе исследования численным показателем степени повреждения структуры полотна выбрана интегральная оценка абсолютных отклонений массивов амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) изображения исходного образца и изображения образца, подвергнутого выполненной части испытательного цикла [3].

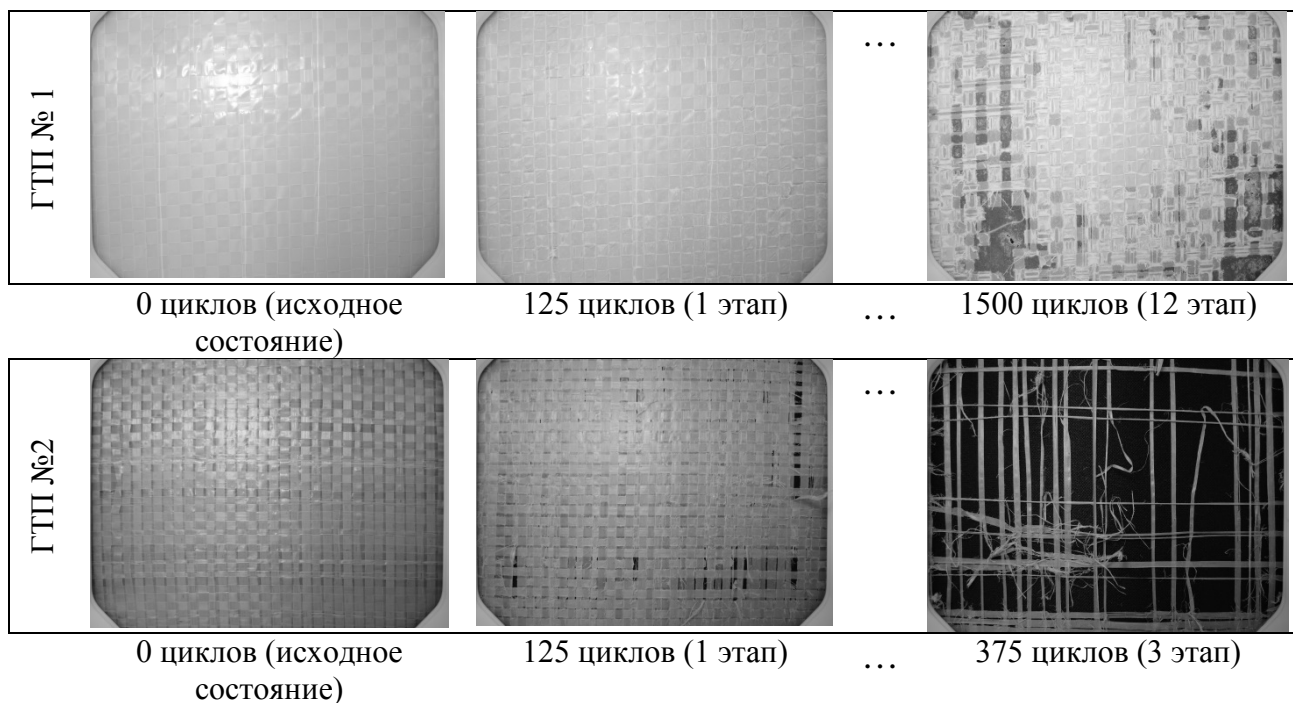


Рис. 1

Исследования показали, что такая оценка является довольно чувствительной и позволяет повысить точность результатов оценивания показателей повреждаемости геотекстильных полотен за счет использования объективного показателя для фиксации заметных изменений структуры (внешнего вида) полотна.

Широкое применение новых методик оценки надежности геотекстильных полотен, основанных на компьютерных средствах получения и обработки данных [4], невозможно без разработки и согласования нормативного документа, что позволит повысить доверие пользователей к результатам количественной оценки изменений внешнего вида геотекстильных полотен за счет применения дополнительных информационных признаков.

Основными структурными элементами стандарта согласно [5] являются: титульный лист; предисловие; содержание; введение; наименование; область применения; нормативные ссылки; термины и определения; обозначения и сокращения; основные нормативные положения; приложения; библиография; библиографические данные.

Стандарт организации на методики измерения должен содержать следующие исходные данные [6]:

- область применения (объект измерений, в том числе наименование продукции и контролируемых параметров, а также область использования - для одного предприятия, для сети лабораторий и т.п.);

- если методика измерений может быть использована для оценки соответствия требованиям, установленным техническим регламентом, то в документе на методику измерений указывают наименование технического регламента, номер пункта, устанавливающего требования (при необходимости и наименование национального стандарта или свода правил), а также указывают, войдет ли документ, в котором изложена методика измерений, в перечень национальных стандартов, содержащих правила и методы исследований (испытаний) и измерений, в том числе правила отбора образцов, необходимые для применения и исполнения технического регламента и осуществления оценки соответствия;

- наименование измеряемой величины в единицах величин, допущенных к применению в Российской Федерации;

- требования к показателям точности измерений;
- требования к условиям выполнения измерений;

- характеристики объекта измерений, если они могут влиять на точность измерений (выходное сопротивление, жесткость в месте контакта с датчиком, состав пробы и т.п.);
- при необходимости другие требования к методике измерений.

Разработка методик измерений, как правило, включает в себя следующее:

- формулирование измерительной задачи и описание измеряемой величины; предварительный отбор возможных методов решения измерительной задачи;
- выбор метода и средств измерений (в том числе стандартных образцов), вспомогательных устройств, материалов и реактивов;
- установление последовательности и содержания операций при подготовке и выполнении измерений, включая требования по обеспечению безопасности труда и экологической безопасности и требования к квалификации операторов;
- организацию и проведение теоретических и экспериментальных исследований по оценке показателей точности разработанной методики измерений; экспериментальное опробование методик измерений; анализ соответствия показателей точности исходным требованиям;
- обработку промежуточных результатов измерений и вычисление окончательных результатов, полученных с помощью данной методики измерений;
- разработку процедур и установление нормативов контроля точности получаемых результатов измерений;
- разработку проекта документа на методику измерений;
- аттестацию методик измерений;
- утверждение и регистрацию документа на методику измерений, оформление свидетельства об аттестации;
- передачу сведений об аттестованных методиках измерений в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений [6].

Организация, утвердившая стандарт, может направить его в Росавтодор на согласование. Для направления на рассмотрение в Росавтодор с целью согласования стандарта организации необходимо следующее [7]:

- утвержденный и введенный в действие стандарт организации;
- пояснительная записка к стандарту организации;
- сводка замечаний с копиями писем, содержащих данные замечания от научных, проектных и производственных организаций;
- экспертное заключение ТК 418;
- результаты опытного применения объекта стандартизации (протоколы испытаний (измерений), акты обследования опытных участков, заключения независимых научно-исследовательских организаций, сертификаты соответствия, выданные в специализированных системах добровольной сертификации в области дорожного хозяйства и др.);
- письмо о направлении на согласование стандарта организации.

Росавтодор рассматривает стандарт организации на предмет соответствия:

- действующему законодательству Российской Федерации в области технического регулирования;
- действующим документам в области стандартизации на данный объект стандартизации;
- действующим распорядительным документам Росавтодора;
- комплектности представленной на согласование документации.

Срок рассмотрения стандарта организации и принятия по нему решения о согласовании (отказа в согласовании) не может превышать сорока пяти календарных дней с даты начала рассмотрения стандарта организации, которой является дата поручения заместителя руководителя Росавтодора своим профильным подразделениям.

Согласованный Росавтодором стандарт организации может быть включен в проектную и контрактную документацию при выполнении работ на федеральных автомобильных дорогах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ОДМ 218.5.006-2010. Рекомендации по методикам испытаний геосинтетических материалов в зависимости от области их применения в дорожной отрасли.
2. ГОСТ Р ИСО 12945-2-2012. Материалы текстильные. Определение способности текстильных полотен к образованию ворсистости и пиллингу. Часть 2. Модифицированный метод Мартиндейла.
3. Гойс Т.О., Матрохин А.Ю. Разработка эталонной шкалы степени износа геотекстильных полотен для обеспечения автоматизированного контроля (тезисы) // Новое в технике и технологии текстильной и легкой промышленности: материалы докладов международной научно-технической конференции (25-26 ноября 2015 г.)- Витебск: ВГТУ. – 2015. – С. 333 .. 334.
4. Трещалин Ю.М., Киселев М.В., Хамматова В.В., Трещалин М.Ю., Киселев А.М. Исследование структуры нетканых материалов методом компьютерной томографии // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. - 2015. - № 5. - С. 31...35.
5. ГОСТ 1.5-2001. Стандарты межгосударственные, правила и рекомендации по межгосударственной стандартизации. Общие требования к построению, изложению, оформлению, содержанию и обозначению.
6. ГОСТ Р 8.563-2009. Государственная система обеспечения единства измерений. Методики (методы) измерений.
7. ОДМ 218.1.002-2010. Рекомендации по организации и проведению работ по стандартизации в дорожном хозяйстве.

УДК 677.026.44:678.04

НЕТКАНЫЙ МАТЕРИАЛ С ПОВЫШЕННЫМИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ СВОЙСТВАМИ

NONWOWEN MATERIAL WITH HIGH FUNCTIONAL PROPERTIES

И.Д. Рассолов, А.П. Сергеенков
I.D. Rassolov, A.P. Sergeenkov

Московский государственный университет дизайна и технологии
Moscow State University of design and technology
E-mail rassolov.ilya@mail.ru, alexeyserg@mail.ru

Разработаны нетканые материалы новых структур с повышенными сорбционными свойствами. Получены образцы нетканых сорбционных полотен с использованием математического плана постановки анализа эксперимента. Определены физико-механические и эксплуатационные свойства полученных образцов нетканых полотен. Выбраны оптимальные параметры получения образцов нетканых сорбционных полотен.

Ключевые слова: нетканый материал, сорбция, нефтепродукты, модификатор, оптимизация.

Developed non-woven materials of new structures with improved sorption properties. The samples obtained sorption nonwoven webs using a mathematical setting analysis of the experiment. Determined physical-mechanical and operational properties of the obtained samples of nonwoven materials. Selected optimal parameters for obtaining samples of nonwoven paintings.

Keywords: non-woven material, sorption, petroleum products, modifier, optimization

Загрязнение окружающей среды нефтью и нефтепродуктами представляет серьезную проблему, масштабы которой непрерывно увеличиваются.

Нефтепродукты являются одними из наиболее распространенных загрязнителей

окружающей среды. Их отрицательное воздействие на природу охватывает большие территории и проявляется на многочисленных локальных объектах, связанных с транспортировкой и использованием в качестве смазочных материалов и топлива.

Нефтепродукты – неидентифицированная группа углеводородов нефти, мазута, керосина, масел и их примесей, которые вследствие их высокой токсичности, принадлежат, по данным ЮНЕСКО, к числу десяти наиболее опасных загрязнителей окружающей среды. Нефтепродукты могут находиться в растворах в эмульгированном, растворенном виде и образовывать на поверхности плавающий слой.

Большое количество нефтепродуктов поступает с ливневыми водами. Они смывают с уличных покрытий и с территорий предприятий пыль, сор, пролитые нефтепродукты, конденсат выхлопных газов автотранспорта и др. Зимой в водоемы городов большое количество нефтепродуктов поступает со сбрасываемым снегом, загрязнение которого нефтепродуктами составляет 0,6-1,2 кг/м³ [4].

Содержание нефтепродуктов в сточных водах колеблется в пределах 3 - 13,7 мг/л [1].

В настоящее время защита окружающей среды от нефтесодержащих сточных вод – одна из главных задач. Мероприятия, направленные на очистку воды от нефти, помогут сберечь определенные количества нефти и сохранить чистыми воздушный и водный бассейны.

В основе многих действующих технологий сбора разливов нефтепродуктов и нефтяных загрязнений и удаления их из окружающей среды лежит метод адсорбции. Для его реализации применяется целый ряд природных сорбентов в порошковой форме или в виде гранул. Однако при их применении возникает ряд проблем, связанных с техническими трудностями при сборе отработанного сорбента с очищенной поверхности, его регенерации и утилизации. Кроме того, они сами часто становятся дополнительным источником загрязнения окружающей среды [2].

Применение нетканых сорбентов в технологиях ликвидации загрязнений нефтепродуктами позволяет осуществить сбор и возврат нефтепродуктов для дальнейшего их использования по прямому назначению и создания замкнутой ресурсосберегающей системы защиты за счет регенерации.

На кафедре Текстильных технологий был разработан нетканый сорбционный материал (НСМ) с повышенными функциональными (сорбционными) свойствами. В работе было проведено исследование влияния природы модифицированных химических волокон на свойства НСМ. Образцы нетканых материалов были изготовлены из первичных и восстановленных полиэфирных волокон и полипропиленовых волокон.

Для производства нетканого сорбционного материала (НСМ) выбрана иглопробивная технология, т.к. она позволяет получать нетканые материалы различной структуры.

Для оценки влияния структуры на свойства нетканого материала были выработаны многослойные образцы с поверхностной плотностью 300 г/м² с различной укладкой волокнистых холстов поверхностной плотности 150 г/м², подвергнутых предварительному иглопрокалыванию, при плотности прокалывания 50 см⁻² и глубине прокалывания 9 мм. Параметры окончательного иглопрокалывания – плотность прокалывания 100 см⁻², глубина прокалывания 9 мм.

Последовательность изготовления НСМ:

1) Два предварительно проколотых полотна поверхностной плотностью 150 г/м² располагаются лицевыми сторонами друг к другу, после чего скрепляются на иглопробивной машине;

2) Два предварительно проколотых полотна поверхностной плотностью 150 г/м² располагаются лицевой и изнаночной сторонами друг к другу, после чего скрепляются на иглопробивной машине;

3) Два предварительно проколотых полотна поверхностной плотностью 150 г/м² располагаются изнаночными сторонами друг к другу, после чего скрепляются на иглопробивной машине;

4) Однослойный иглопробивной материал поверхностной плотностью 150 г/м²;

5) На лицевую сторону предварительно проколото́го холста, поверхностной плотностью 150 г/м², укладывается нескрепленный холст поверхностной плотностью 150 г/м², после чего скрепляется на иглопробивной машине;

б) На изнаночную сторону предварительно проколото́го холста, поверхностной плотностью 150 г/м², укладывается нескрепленный холст поверхностной плотностью 150 г/м², после чего скрепляется на иглопробивной машине.

Характерной особенностью структуры такого материала являются направленные внутрь полотна конусообразные поры, образованные в процессе иглопрокалывания, способствующие проникновению и удержанию нефтепродуктов внутри НСМ.

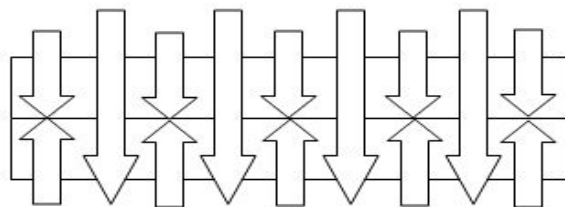


Рис. 1. Способ получения структуры разрабатываемого НСМ

В качестве модификатора в данной работе использовались кремнийорганические олигомеры в частности олигоалкилгидросилоксаны. В процессе полимеризации олигомера на поверхности волокна образуется однородная гибкая и прочная пленка, связанная с волокном силами физической адсорбции. Наличие водорода у кремния способствует ускорению реакции полимеризации олигомера в процессе термической обработки материала [6].

Гидрофобные свойства пленки обусловлены такой ориентацией молекул кремнеполимера, при которой кислород силоксановых связей направлен к поверхности материала, гидрофобные углеводородные радикалы в сторону окружающей среды. Они служат своеобразными "зонтиками", препятствующими контакту волокна и воды.

В данной работе был произведен синтез кремнийорганических модификаторов – ГКЖ-ШП и ОТЭС в соотношении 5:1 (рис. 2).

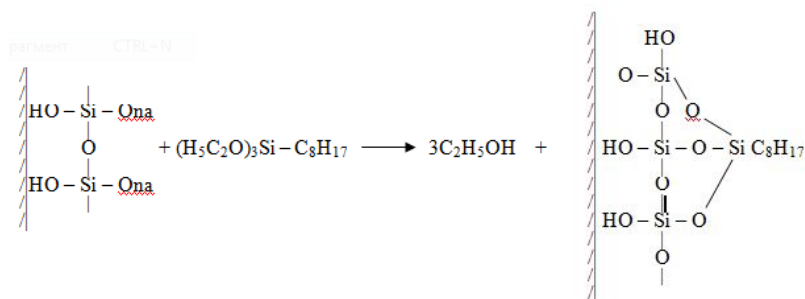


Рис. 2. Синтез кремнийорганических модификаторов – ГКЖ-ШП и ОТЭС

Связанные с поверхностью волокнистого материала тончайшие силоксановые пленки не удаляются органическими растворителями.

Они располагаются на поверхности волокна в виде полимолекулярного слоя; при термообработке формируется внутримолекулярная сетка за счет притяжения между полярными группами волокна и модификатора.

Для определения влияния условий модификации волокон на свойства нетканых материалов использовался метод математического планирования и анализа эксперимента (план КОНО-2).

Факторы и уровни варьирования факторов для полипропиленового и полиэфирного волокон (как первичных, так и вторичных) приведены в таблицах 1 и 2 соответственно.

Таблица 1

Факторы и уровни их варьирования для полипропиленового волокна

Факторы варьирования	Уровни варьирования			Интервалы варьирования
	-1	0	+1	
X ₁ – количество модификатора, % масс.	2	4	6	2
X ₂ – температура термообработки, °С	140	150	160	10

Таблица 2

Факторы и уровни их варьирования для полиэфирного волокна

Факторы варьирования	Уровни варьирования			Интервалы варьирования
	-1	0	+1	
X ₁ – количество модификатора, % масс.	2	4	6	2
X ₂ – температура термообработки, °С	210	220	230	10

Выходными параметрами (критериями оптимизации) являются: разрывная нагрузка, Н; удлинение при разрыве, %; сорбция, г/г; намокаемость, г/г. Результаты экспериментов указаны в таблицах 3-5.

Таблица 3

Результаты экспериментов для образцов, полученных из полипропиленовых волокон

№ опыта	Факторы варьирования		Значения параметров					
	Содержание модификатора, % масс.	Температура обработки, °С	Разрывная нагрузка в продольном направлении, Н	Разрывная нагрузка в поперечном направлении, Н	Удлинение при разрыве в продольном направлении, %	Удлинение при разрыве в поперечном направлении, %	Сорбция, г/г	Намокаемость, г/г
1	4	150	457	101,3	119,3	167,7	19,4	0,1
2	6	160	454,7	94,3	117,3	197	22,3	0,4
3	2	160	437,7	96,7	122,3	181,3	25,5	0,1
4	2	140	403,3	90,3	118	168,3	19,3	0,6
5	6	140	433,3	91	103	198,3	22,4	1,1
6	6	150	439	94,3	105,7	195,3	23	0,5
7	4	160	406,7	92	102,7	185,3	28,6	0,3
8	2	150	383,3	93,3	110,3	184,7	20,7	0,1
9	4	140	451,7	100,7	97,7	186,7	20,5	0,1

Таблица 4

Результаты экспериментов для образцов, полученных из первичных полиэфирных волокон

№ опыта	Факторы варьирования		Значения параметров					
	Содержание модификатора, % масс.	Температура обработки, °С	Разрывная нагрузка в продольном направлении, Н	Разрывная нагрузка в поперечном направлении, Н	Удлинение при разрыве в продольном направлении, %	Удлинение при разрыве в поперечном направлении, %	Сорбция, г/г	Намокаемость, г/г
1	4	220	168,3	34,0	86,7	171,7	13,35	9,03
2	6	230	177,3	29,7	85,3	172,3	13,73	10,84
3	2	230	179,3	27,0	86,3	177,7	14,35	9,18
4	2	210	166,3	31,7	96,3	172,0	15,26	10,03
5	6	210	161,3	30,3	90,7	169,0	14,06	9,10
6	6	220	184,3	36,3	85,7	170,7	13,33	8,69
7	4	230	168,3	27,3	92,3	166,3	14,38	8,84
8	2	220	162,3	33,7	86,0	174,7	14,32	9,05
9	4	210	185,3	36,0	90,3	168,7	14,17	7,82

Таблица 5

Результаты экспериментов для образцов, полученных из вторичных полиэфирных волокон

№ опыта	Факторы варьирования		Значения параметров					
	Содержание модификатора, % масс.	Температура обработки, °С	Разрывная нагрузка в продольном направлении, Н	Разрывная нагрузка в поперечном направлении, Н	Удлинение при разрыве в продольном направлении, %	Удлинение при разрыве в поперечном направлении, %	Сорбция, г/г	Намокаемость, г/г
1	4	220	367	83,5	134,5	184,5	5,76	4,94
2	6	230	316	81,5	129,5	186	5,77	3,25
3	2	230	333,5	77,5	126	192	5,91	3,38
4	2	210	369,5	87	125,5	185	5,79	3,71
5	6	210	305	79,5	122	194,5	5,52	3,41
6	6	220	374	91,5	130,5	195	6,33	3,77
7	4	230	321,5	79,5	129,5	190	6,27	3,44
8	2	220	327,5	85	125,5	178	6,85	4,36
9	4	210	304	94	120,5	176	6,35	4,42

Из данных таблиц 4 и 5 видно, что нетканый сорбционный материал, изготовленный из первичных и вторичных полиэфирных волокон не удовлетворяет требованиям,

предъявляемым к НСМ (сорбция более 18 г/г). Главным образом, это объясняется природой волокон. Полипропиленовые волокна имеют полости. Модификатор заполняет данные полости и, тем самым, лучше удерживается на поверхности волокон. Полиэфирные волокна имеют более гладкую поверхность. Из-за этого взаимодействие модификатора с волокном затрудняется и сорбционный материал не достигает предъявляемых свойств. Дальнейшая обработка результатов производилась только для НСМ из полипропиленовых волокон.

После реализации рабочей матрицы эксперимента и проведения расчетов в программной среде Macthcad были получены следующие уравнения регрессии:

- для разрывной нагрузки (в продольном направлении), Н
 $Y = 437,06 + 14,70X_1 + 6,75X_2 - 2,67X_1X_2 - 13,67X_1^2 + 0,49X_2^2$

- для разрывной нагрузки (в поперечном направлении), Н
 $Y = 92,70 - 6,55X_1 - 2,72X_2 + 1,92X_1X_2 - 14,01X_1^2 + 0,82X_2^2$

- для удлинения (в продольном направлении), %
 $Y = 107,29 - 4,79X_1 + 4,17X_2 + 1,92X_1X_2 + 6,54X_1^2 - 0,95X_2^2$

- для удлинения (в поперечном направлении), %
 $Y = 177,2 + 11,09X_1 + 2,55X_2 - 4,33X_1X_2 + 7,16X_1^2 + 2,67X_2^2$

- для сорбции (по маслу), г/г
 $Y = 21,35 + 0,26X_1 + 2,09X_2 - 1,55X_1X_2 - 0,68X_1^2 + 2,01X_2^2$

- для намокаемости, г/г
 $Y = 0,264 + 0,033X_1 - 0,048X_2 + 0,397X_1X_2 - 0,291X_1^2 + 0,05X_2^2$

Также были построены поверхности отклика свойств нетканого полотна от условий модификации (рис. 3а-б).

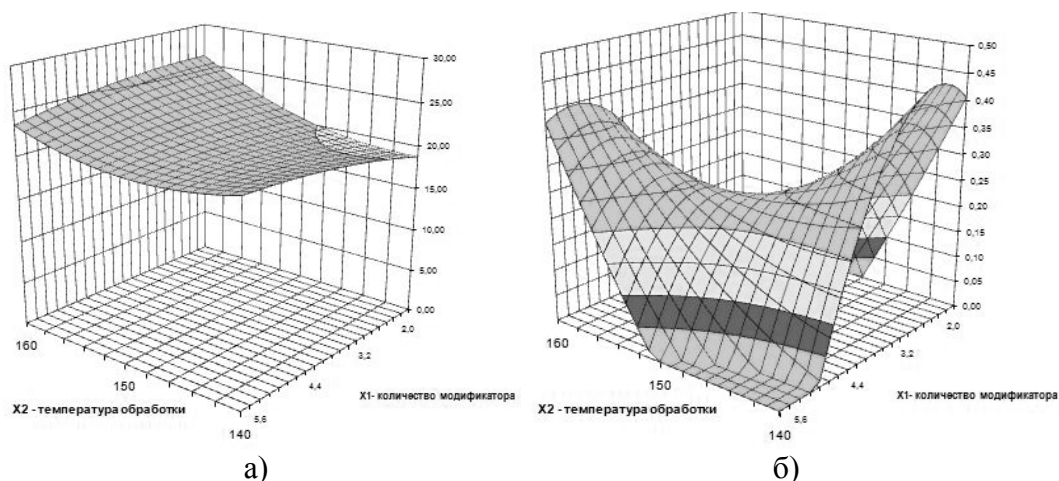


Рис. 3. Поверхности отклика: а) сорбция; б) намокаемость

Совместный анализ уравнений регрессии и поверхностей отклика показывает, что на прочностные свойства оказывает влияние и тот, и другой фактор варьирования: X_1 – количество модификатора на волокне, % от массы; X_2 – температура термообработки, $^{\circ}\text{C}$.

Фактор увеличения количества модификатора на волокне оказывает большее влияние на увеличение прочности, нежели фактор увеличения температуры термообработки. Образцы нетканых полотен обладают достаточной воздухопроницаемостью, необходимой для полотен аналогичного назначения, предназначенных для сбора нефтепродуктов с поверхности воды.

Сорбция по нефтепродуктам у полученных образцов составляет 20-25 г/г. Для полотен аналогичного назначения предъявляются следующие требования по сорбции (по отработанному машинному маслу) – 18 г/г.

Анализируя полученные данные по сорбции и намокаемости, можно сделать вывод, что при обработке поверхности волокон кремнийорганическим модификатором увеличивается

угол смачивания по сравнению с необработанным волокном, вследствие чего повышается гидрофобность материала, и, соответственно, его сорбционная способность.

Наилучшие свойства нетканого материала, который предложено использовать в качестве сорбирующего нефтепродукты, наблюдаются при следующих параметрах модификации:

- X_1 – количество модификатора – 3,76% от массы;
- X_2 – температура термообработки – 160 °С (при времени обработки 10 минут).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бачерникова С.Г., Кузьмина Н.П., Михалькова А.И. Отчет по научно- исследовательской работе - Серпухов, 2003
2. Блянкман Л.М. Очистка фильтрующих материалов. - М.: Энергоиздат, 1981.
3. Горчакова В.М. Лабораторный практикум по курсу «Физико- химические способы производства нетканых материалов».- М.: методическое пособие 1981.
4. Кузубов Л.Н., Морозов С.В. Очистка нефтесодержащих сточных вод.: Академический обзор - Н, методическое пособие 1992
5. Мохова А.А., Кострикина Т.Н. Очистка фильтрующих материалов в катионитных фильтрах от загрязнения. Промышленная энергетика. 1978. №3 С. 21
6. Орлов Я. Ф., Андрианова М. В., Введенский Я. В., «Кремнийорганические соединения в текстильной промышленности». М., «Легкая индустрия». 1986.

УДК 677.02; 677.027

ПРИДАНИЕ ГИДРОФОБНЫХ СВОЙСТВ ХЛОПЧАТОБУМАЖНЫМ ТЕКСТИЛЬНЫМ МАТЕРИАЛАМ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЗОЛЬ-ГЕЛЬ ТЕХНОЛОГИИ

IMPARTING HYDROPHOBIC PROPERTIES TO COTTON TEXTILE MATERIALS USING SOL-GEL TECHNOLOGY

Н. Нурмаханкызы, А.К. Баданова, А.Ж. Кутжанова
N. Nurmakhankyzy, A.K. Badanova, A.Zh. Kutzhanova

Алматинский технологический университет (Казахстан)
Almaty Technological University (Kazakhstan)
E-mail: Nursaule_9415@mail.ru, aika.e-mail@mail.ru, kutganova@mail.ru

В работе представлены результаты исследования гидрофобной отделки текстильных материалов с применением золь-гель технологии. Проведены исследования по изучению физико-механических и водоотталкивающих свойств гидрофобизированной с применением золь-гель технологии хлопчатобумажной ткани. Выявлено, что гидрофобная отделка улучшает физико-механические свойства ткани.

Ключевые слова: гидрофобность, краевой угол смачивания, золь-гель технология, химическая модификация, хлопковое волокно, полимерная сетка.

The paper presents the results of research of hydrophobic finishing of textile materials using sol-gel technology. The researches were conducted on study of physical-mechanical and water-repellent properties of hydrophobized by sol-gel technology cotton fabric. It was revealed that the hydrophobic finish improves the physical and mechanical properties of the fabric.

Keywords: hydrophobicity, contact angle of wetting, the sol-gel technology, chemical modification, cotton fiber, polymer net.

Золь–гель технология продолжает интересовать исследователей из обеих отраслей промышленности и правительственных учреждений во многих частях мира. Он предлагает эффективные и высококачественные нанопорошки, волокна, твердые структуры и тонкопленочные покрытия. Возможные области применения золь–гель технологии могут быть найдены в широком диапазоне секторов, таких как фармацевтика, медицина, строительство, транспорт, пищевая промышленность, оптика, сельское хозяйство, полупроводниковых приборов, катализа и биотехнологий. Также в текстильной промышленности, золь–гель технология, как ожидается, приведет к производству тканей с совершенно новыми свойствами или сочетанием различных функций в одной ткани. Золь–гель реакция легко выполнима и не требует особых условий и высоких температур. Синтез состоит из ряда простых реакций гидролиза и конденсации [1].

Среди текстильных материалов хлопок по-прежнему широко распространенный материал. Причина заключается в том, что хлопчатобумажная ткань очень легкая и обладает хорошими гигиеническими качествами. Но хлопчатобумажные ткани легко сминаются и обладают высокой гигроскопичностью, что затрудняет их использование для пошива плащей и специальной водоотталкивающей одежды [2]. Преимущество отделки хлопчатобумажных тканей для придания гидрофобных свойств с применением золь-гель технологии заключается в сохранении воздухопроницаемости материала.

В работе представлены результаты исследования гидрофобной отделки текстильных материалов с применением золь–гель технологии. При использовании этой технологии на поверхности волокон образуется сетка из наночастиц [3, 4].

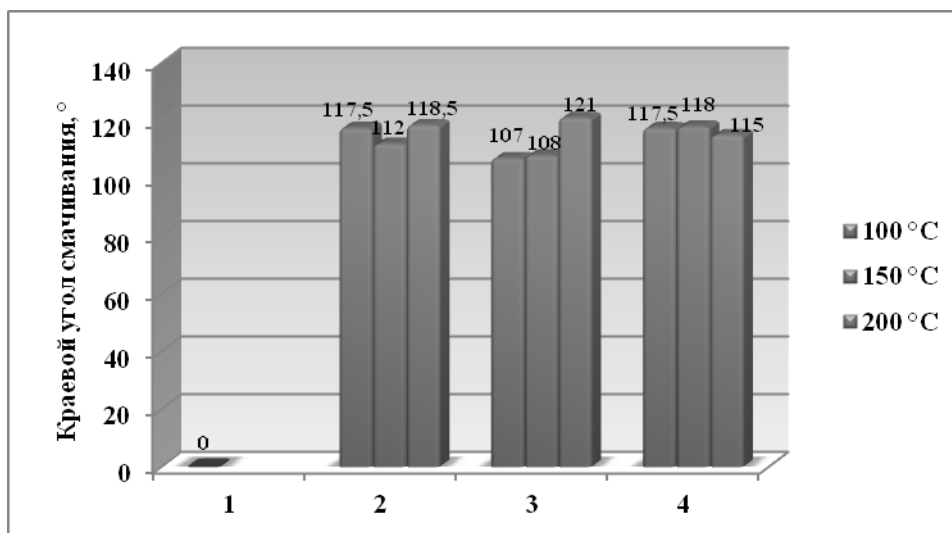
Для получения раствора золя были использованы силикат натрия, плавиковая кислота и гидрофобизатор. Для проведения эксперимента были использованы образцы хлопчатобумажной отбеленной неаппретированной ткани с поверхностной плотностью 147 ± 5 г/м². Обработку текстильного материала проводили по следующей технологии: выбранные образцы пропитывались в растворе из выше указанных химических компонентов в течение 10 минут с последующей сушкой, а затем подвергались термообработке под термопрессом. После отделки образцы промываются и сушатся. Во время предварительных экспериментов были выбраны следующие концентраций химикатов: силикат натрия (Na_2SiO_3) – 50 мл/л, плавиковая кислота (HF) – 10 мл/л, Гидрофобизатор – 100 - 300 мл/л, температура термообработки 100°C, 150°C, 200°C.

В работе были исследованы гидрофобные и физико-механические показатели гидрофобизированной с применением золь-гель технологии хлопчатобумажной ткани. На рис.1 и 2 и в таблице 1 представлены результаты исследования краевого угла смачивания.

Таблица 1

Показатели краевого угла смачивания

Концентрация химических компонентов			Краевой угол смачивания, °		
Силикат натрия, мл/л	Плавиковая кислота, мл/л	Гидрофобизатор, мл/л	Температура термообработки, °С		
			100	150	200
50	10	100	117,5	112	118,5
50	10	200	107	108	121
50	10	300	117,5	118	115
Необработанный образец			0		



1) Необработанный материал;

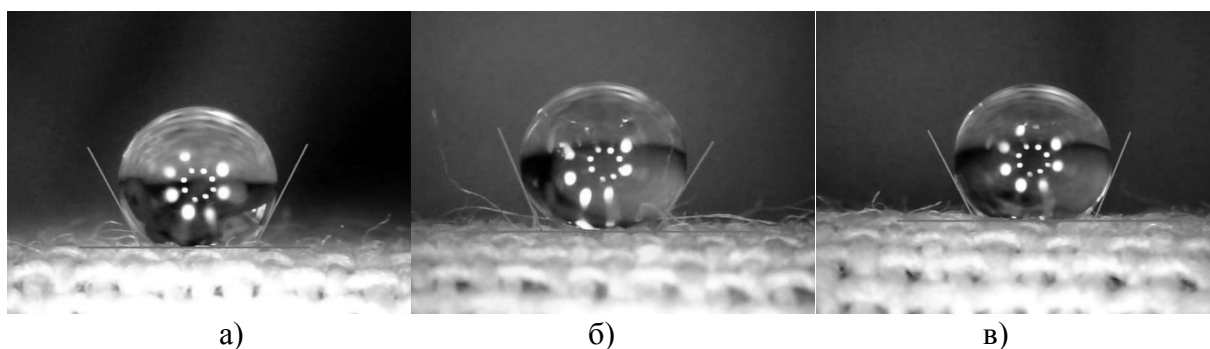
2) Na_2SiO_3 – 50 мл/л; HF – 10 мл/л; Гидрофобизатор – 100 мл/л.

3) Na_2SiO_3 – 50 мл/л; HF – 10 мл/л; Гидрофобизатор – 200 мл/л.

4) Na_2SiO_3 – 50 мл/л; HF – 10 мл/л; Гидрофобизатор – 300 мл/л.

Рис.1. Влияние концентрации препаратов и температуры термообработки на показатели краевого угла смачивания целлюлозного текстильного материала

По результатам проведенных исследований краевых углов смачивания видно, что с увеличением концентрации препаратов и температуры термообработки показатели краевого угла смачивания повышаются.



а)

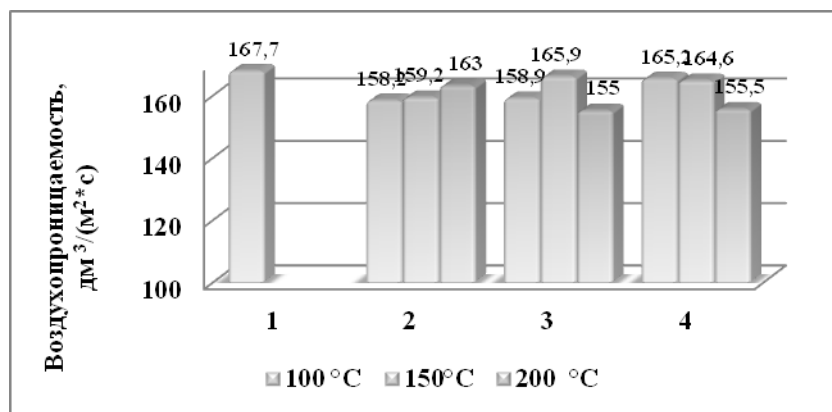
б)

в)

Рис.2. Определение краевого угла смачивания ткани, обработанной композицией Na_2SiO_3 –50 мл/л; HF–10 мл/л; гидрофобизатор–300 мл/л при температуре термообработки: а) 100 °С; б) 150 °С; в) 200 °С

При повышении концентрации гидрофобизатора показатели краевого угла смачивания улучшаются, но повышенная температура термообработки негативно влияет на синтезированную полимерную сетку и при высокой температуре 200 °С подвергается деструкции.

В работе были исследованы показатели воздухопроницаемости ткани [5], результаты исследования необработанного и гидрофобизированного при различных концентрациях и температуре термообработки текстильного материала представлены на рис.3.

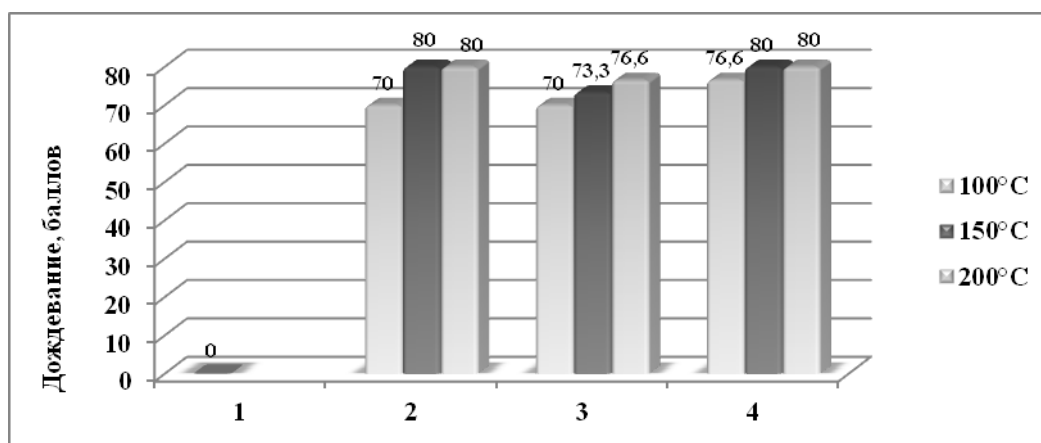


1) Необработанный материал;
 2) Na₂SiO₃ – 50 мл/л; HF – 10 мл/л; Гидрофобизатор – 100 мл/л.
 3) Na₂SiO₃ – 50 мл/л; HF – 10 мл/л; Гидрофобизатор – 200 мл/л.
 4) Na₂SiO₃ – 50 мл/л; HF – 10 мл/л; Гидрофобизатор – 300 мл/л.
 Рис.3. Влияние концентрации препаратов композиции и температуры термообработки на показатели воздухопроницаемости целлюлозного текстильного материала

Гидрофобная отделка текстильного материала практически не снижает его воздухопроницаемость за счет формирования полимерной сетки на поверхности волокон. Межволоконное пространство остается открытым, и материал легко пропускает воздух.

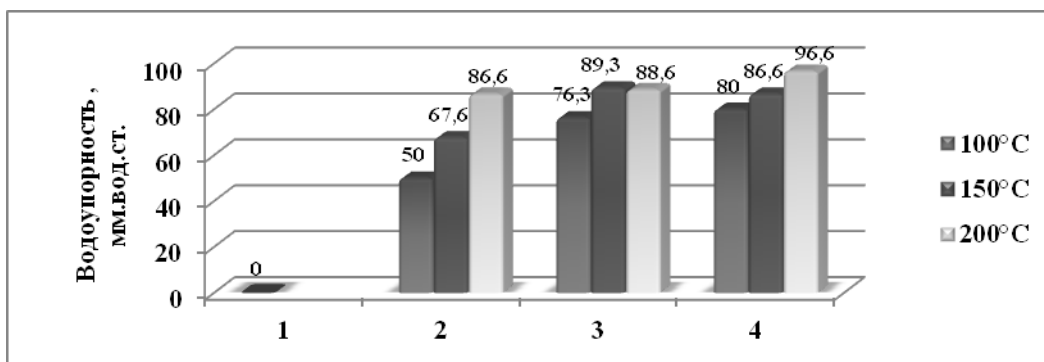
Увеличение концентрации гидрофобизирующего препарата незначительно снижает показатели воздухопроницаемости. Высокая температура термообработки может привести к спеканию полимера, что в свою очередь тоже снижает воздухопроницаемость текстильного материала.

Результаты исследования водоотталкивающих свойств методом дождевания [6] и определения водоупорности [7] представлены на рис. 4 и 5 соответственно.



1) Необработанный материал;
 2) Na₂SiO₃ – 50 мл/л; HF – 10 мл/л; Гидрофобизатор – 100 мл/л.
 3) Na₂SiO₃ – 50 мл/л; HF – 10 мл/л; Гидрофобизатор – 200 мл/л.
 4) Na₂SiO₃ – 50 мл/л; HF – 10 мл/л; Гидрофобизатор – 300 мл/л.
 Рис.4. Влияние концентрации препаратов композиции и температуры термообработки на показатели дождевания целлюлозного текстильного материала

Результаты исследования водоупорности определяемого с помощью пенерометра [7] представлены на рисунке 7.

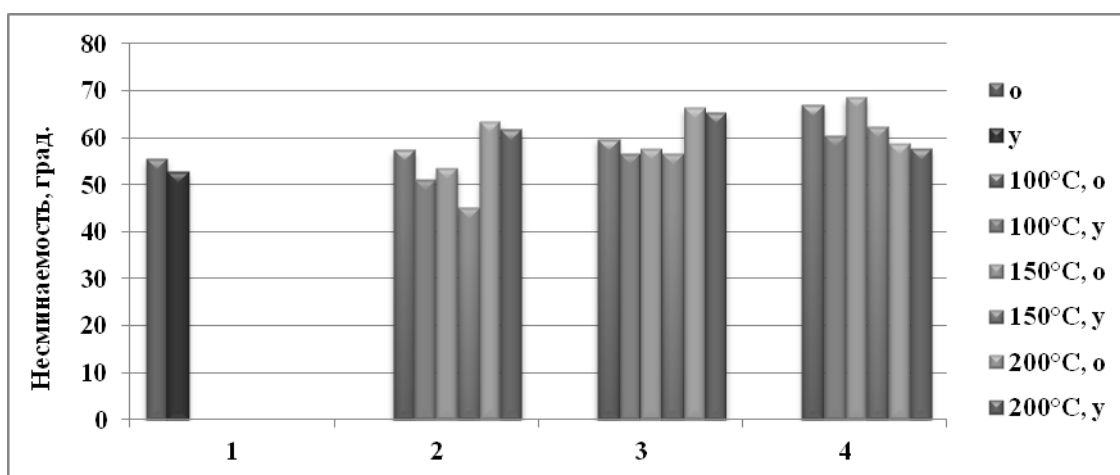


1) Необработанный материал;
 2) Na₂SiO₃ – 50 мл/л; HF – 10 мл/л; Гидрофобизатор – 100 мл/л.
 3) Na₂SiO₃ – 50 мл/л; HF – 10 мл/л; Гидрофобизатор – 200 мл/л.
 4) Na₂SiO₃ – 50 мл/л; HF – 10 мл/л; Гидрофобизатор – 300 мл/л.

Рис.5. Влияние концентрации препаратов композиции и температуры термообработки на показатели водоупорности целлюлозного текстильного материала

Результаты исследования дождевания улучшаются с увеличением концентрации гидрофобизатора и температуры термообработки и варьируются между 70-80 баллами. Исследования водоупорности обработанного и необработанного текстильного материала также показали, что при повышении концентрации химических компонентов и температуры термообработки показатели водоупорности материала возрастают.

Результаты исследования несминаемости текстильного материала представлены на рисунке 6 [8].

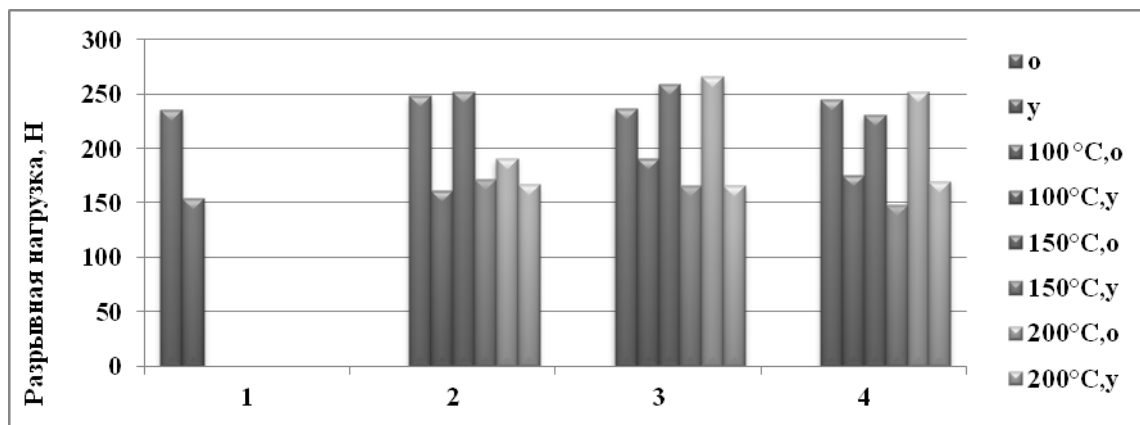


1) Необработанный материал;
 2) Na₂SiO₃ – 50 мл/л; HF – 10 мл/л; Гидрофобизатор – 100 мл/л.
 3) Na₂SiO₃ – 50 мл/л; HF – 10 мл/л; Гидрофобизатор – 200 мл/л.
 4) Na₂SiO₃ – 50 мл/л; HF – 10 мл/л; Гидрофобизатор – 300 мл/л.

Рис.6. Влияние концентрации препаратов композиции и температуры термообработки на показатели несминаемости целлюлозного текстильного материала

Результаты исследований несминаемости хлопчатобумажной ткани показали, что по сравнению с необработанным материалом показатели несминаемости обработанного материала улучшились.

Для определения прочности хлопчатобумажного материала были проведены исследования разрывных характеристик. Полученные показатели разрывной нагрузки показаны на рис.7.



1) Необработанный материал;

2) Na₂SiO₃ – 50 мл/л; HF – 10 мл/л; Гидрофобизатор – 100 мл/л.

3) Na₂SiO₃ – 50 мл/л; HF – 10 мл/л; Гидрофобизатор – 200 мл/л.

4) Na₂SiO₃ – 50 мл/л; HF – 10 мл/л; Гидрофобизатор – 300 мл/л.

Рис.7. Влияние концентрации препаратов композиции и температуры термообработки на показатели прочности целлюлозного текстильного материала

Результаты исследований прочностных характеристик показали, что показатели обработанного материала улучшились по сравнению с необработанным материалом. Увеличение концентрации гидрофобизатора до 300 мл/л и температуры термообработки способствует понижению разрывных характеристик.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Lebuhraya Tun Razak, Gambang, Kuantan, Pahang // Sol-gel technology for innovative fabric finishing// Malaysia Journal of Sol-Gel Science and Technology.
2. А.К.Баданова, Б.Р.Тауасарова, А.Ж.Кутжанова, А.Буркитбай «Гидрофобная отделка целлюлозных текстильных материалов». МНТК «Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности» Москва, ФГБОУ ВПО «МГУДТ», 12-13 ноября 2013 г. с. 133 -134
3. G. Rosace, V. Migani, C. Colleoni, MR. Massafra, E. Sancaktaroglu “Nanoparticle Finishes Influence on Color Matching of Cotton Fabrics” // Chemistry and Chemical Engineering Research Progress (2010) Nova Science Publishers, Inc.
4. Sohyun Park, Jooyoun Kim, PhD, Chung Hee Park, PhD, Superhydrophobic Textiles: Review of Theoretical Definitions, Fabrication and Functional Evaluation. Journal of Engineered Fibers and Fabrics 15 <http://www.jeffjournal.org> Volume 10, Issue 4 – 2015.
5. ГОСТ Р ИСО 9237-99 «Материалы текстильные. Метод определения воздухопроницаемости». ИПК «Издательство стандартов», М., 2000 г, 7 с.
6. ГОСТ 30292-96 «Метод испытания дождеванием» М., ИПК «Издательство стандартов», 1999 г, 11 с.
7. ГОСТ 3816-81 «Методы определения гигроскопических и водоотталкивающих свойств » М., «Издательство стандартов», 1997 г. – 14 с.
8. ГОСТ 19204–73 «Методы определения несминаемости». М., «Издательство стандартов», 2008 г. – 9 с.

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА КРАШЕНИЯ ХЛОПКО-ШЕЛКОВОЙ ТКАНИ ВОДОРАСТВОРИМЫМИ КРАСИТЕЛЯМИ

INTENSIFICATION OF PROGRESS DYEING COTTON-SILK OF MIXED FABRIC WITH WATER SOLUBLE DYES

С.О. Ходжаева, М.Х. Мирзахмедова, Д.Б. Худайбердиева, М.З. Абдукаримова
S.O. Khodjaeva, M.H. Mirzakhmedova, D.B. Khudayberdieva, M.Z. Abdugarimova

Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности (Узбекистан)
Tashkent institute textile and light industry (Uzbekistan)
E-mail: mirzahmedova81@mail.ru

Приводятся результаты изучения возможностей текстильно-вспомогательных веществ для интенсификации процесса крашения хлопко-шелковой смесовой ткани активными и прямыми красителями. Установлено, что использованные интенсификаторы повышают фиксацию активных и прямых красителей. При введении в красильный раствор бифункционального соединения интенсивность цвета на хлопке и шелке повышается и выравнивается, что даёт возможность однотонного крашения.

Ключевые слова: хлопко-шелковая ткань, активные красители, прямые красители, крашение, бифункциональное вещество, фермент.

This article presents the results of study the influence of textile auxiliaries, intensification of the dyeing process with reactive dyes on the properties of mixture on cotton silk fabrics. It found that increased fixation intensifies used active and direct dyes according to their nature. When administrating a dyes solution and direct dyes active bifunctional compound color intensity on cotton and silk increased and leveled, which enables monochrome dye.

Key words: cotton, silken fabricates, active colorants, straight colorants, dyes, bi-functional joining ferment.

Изыскание возможности интенсификации процесса крашения с одновременным повышением степени полезного использования красителей и снижением уровня загрязнения окружающей среды является задачей чрезвычайно актуальной. Одним из решений этой задачи является активация волокна, способствующая целенаправленному изменению доступности и диффузионной проницаемости текстильного материала под действием различных текстильно-вспомогательных веществ.

Важным фактором ковалентной фиксации активных красителей и сорбции прямых красителей волокнистыми материалами является создание благоприятных условий для диффузии красителя вглубь волокна и сорбции на активных его центрах.

Скорость диффузии красителя в структуру микропористого полимерного материала, которым являются текстильные волокна, зависит от природы полимера и его надмолекулярной структуры. Плотность структуры волокна, оказывает стерическое торможение продвижению молекул и ионов красителей, наличие активных центров волокна действует замедляющее так, как происходит сорбция молекул к этим активным центрам.

В связи с этим интенсификация процесса крашения в целом достигается за счет разрыхления структуры волокна – активации его физическими, биологическими или химическими методами. Под влиянием этих воздействий происходит увеличение проницаемости волокон, за счет набухания или пластификации, путем частичного разрыва межмолекулярных взаимодействий макромолекул полимера. Эти воздействия должны быть обратимыми, иначе ухудшаются эксплуатационные свойства ткани.

Другая возможность повышения эффективности процесса крашения – это дополнительная ковалентная фиксация сорбированного красителя бифункциональным веществом, введенным в состав красильного раствора.

Для интенсификации процесса крашения хлопко-шелковой смесовой ткани по периодическому способу на основе поисковых опытов нами выбраны структурно модифицирующие текстильно-вспомогательные вещества (далее – ТВВ), бентонит (Навбахорское месторождение, Узбекистан) и энзим (Lauzum Antipile LC), а для дополнительной ковалентной фиксации прямых и активных красителей бифункциональное соединение – этиленхлоргидрин.

В состав красильного раствора добавили по 5 г/л бентонита и этиленхлоргидрина. Крашение х/б и шелковой ткани проводили в отдельных красильных растворах, но в одинаковых температурно-временных условиях по щелочному способу.

Исследовали активные и прямые красители Турецкого производства. На основе предварительных опытов выбрали концентрации электролита для активных NaCl – 30 г/л, для прямых – 3 г/л, соду Na₂CO₃ – 2 г/л для обоих красителей. Концентрация красителей 2% от массы ткани, модуль 1:50, время крашения 60 мин, при температуре 80⁰С. Были определены количество красителей на волокне методом сравнения; интенсивность цвета на спектрофотометре CM-3600d (Япония), воздухопроницаемость на устновке AP-360SM по ГОСТу 12088-77.

Ранее в работе [1] исследовано влияние бентонита, этиленхлоргидрина и др. ТВВ для интенсификации совмещенной непрерывной технологии крашения активными красителями и заключительной отделки шелковых тканей и показаны их положительное влияние на процесс крашения. В табл.1 представлены полученные результаты влияния бентонита на процесс крашения хлопчатобумажной и шелковой ткани.

Таблица 1

Влияние бентонита на фиксацию и степень использования красителей и интенсивность цвета природных волокон

Красители	Фиксация красителя, г/кг		Степень использования красителя		Интенсивность цвета, K/S	
	Бентонит, г/л		Бентонит, г/л		Бентонит, г/л	
	0	5	0	5	0	5
Хлопок						
Bezaktiv желтый	3,2	14,4	16	72	6	9
Bezaktiv бирюзовый	3,2	19,2	16	96	4	7
Tubantin красный	4,5	19,4	23	97	3	5
Tubantin желтый	3,4	19,8	17	99	5,5	5
Шелк						
Bezaktiv желтый	9,4	18,4	47	92	10	6
Bezaktiv бирюзовый	3,6	19,6	18	98	10	5
Tubantin красный	3,0	19,4	15	97	1	4
Tubantin желтый	6,6	12,2	33	61	4	5

Как видно из полученных данных (табл.1.) бентонит оказывает разрыхляющее действие на структуру хлопка и шелка. Фиксация красителя и хлопком и шелком резко возрастает (в 2 – 6,5 раз). Наблюдается резкое повышение интенсивности цвета для исследованных красителей за исключением Tubantin желтого, для которого этот показатель растет почти в 3 раза. Интенсивность цвета для активных красителей на шелке уменьшается, а прямых несколько возрастает.

Исследование ферментов, как интенсификаторов крашения хлопчатобумажной тканей, начали с изучения влияния концентрации энзимов на интенсивность цвета. Исследованы концентрации фермента Lauzym Antipile LC 0; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5 % то массы ткани, краситель Остазин красный S-5В. Полученные результаты представлены в табл. 2.

Таблица 2

Влияние концентрации энзимов на интенсивность цвета х/б ткани

Концентрация энзима, в % от массы	Lauzym Antipile LC	
	K/S	Повышения K/S, %
0	2,8	-
0,1	4,5	60,1
0,2	5,0	78,6
0,3	3,2	14,3
0,4	2,9	3,6
0,5	3,5	25,0

Как видно из результатов, представленных в табл. 2, каталитическое действие исследованного фермента зависит от концентрации и при крашении х/б тканей более подходящим является концентрация Lauzym Antipile LC 0,2% от массы ткани, повышение интенсивности цвета при этом составляет 78,6%.

Воздухопроницаемость имеет большое значение в оценке гигиенических свойств тканей. Она является обязательной характеристикой бельевых тканей. В связи с этим было проанализировано влияние концентрации энзима на воздухопроницаемость х/б тканей. Результаты, представленные на рис. 1., показывают, что максимальное значение воздухопроницаемости также соответствует концентрации энзима Lauzym Antipile LC 0,2 % от массы ткани.

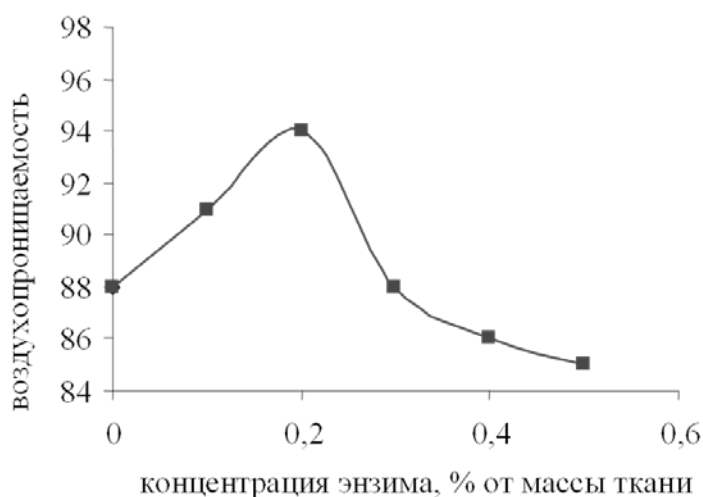


Рис. 1. Влияние концентрации энзима на воздухопроницаемость х/б ткани

Проанализировав полученные данные, для дальнейших исследований выбрали энзим Lauzym Antipile LC с концентрацией 0,2 % от массы ткани.

Результаты крашения хлопчатобумажных и шелковых тканей выбранными нами активными и прямыми красителями в присутствии энзима Lauzym Antipile LC с концентрацией 0,2 % от массы ткани, представлены в табл. 3.

Таблица 3

Влияние энзима на изменение количественных характеристик красителей на составляющих хлопко-шелковых тканей

Красители	Фиксация красителя, г/кг		Степень использования красителя		Интенсивность цвета, K/S	
	Энзим, в % от массы ткани		Энзим, в % от массы ткани		Энзим, в % от массы ткани	
	0	0,2	0	0,2	0	0,2
Хлопок						
Bezaktiv желтый	3,2	6,6	16	33	6	14,5
Bezaktiv бирюзовый	3,2	6,6	16	33	4	10,5
Tubantin красный	4,6	17,8	23	89	3	8,0
Tubantin желтый	3,4	14,0	17	85	5,5	12,0
Шелк						
Bezaktiv желтый	9,4	13,6	47	47	10	16,5
Bezaktiv бирюзовый	3,6	15,2	18	18	10	14,0
Tubantin красный	3,0	15,0	15	15	1	10,0
Tubantin желтый	6,6	5,2	33	33	4	6,0

Как видно из результатов, представленных в табл. 3, для всех исследованных красителей на хлопковой и шелковой составляющих смесовой ткани имеет место повышения количество красителя на волокне, причем повышение степени использования активных красителей на шелковой составляющей имеет более высокие значения по сравнению с хлопковой, а для прямых красителей наоборот. Интенсивность цвета по сравнению с образцами, окрашенными без энзима для обеих составляющих увеличивается, причем для хлопка K/S возрастает в 1,5÷3,5 раза. Интенсивность цвета Tubantin красного на шелке под действием энзима возрастает в 10 раз, на х/б ткани в 2,6 раза. В случае применения в качестве интенсификатора энзима возрастают и степень использования красителя в 2-5 раз и воздухопроницаемость ткани.

Известно, что после завершения процесса крашения, но до промывки в порах волокна активный краситель находится в ковалентном фиксированном и сорбированном виде. Сорбированный краситель (за счет межмолекулярных связей) состоит из активной и гидролизованной форм. Характерной для активных красителей прочности окраски можно достичь только после полного удаления сорбированного красителя. Чем выше количество этой формы на волокне, тем сложнее процесс промывки, тем больше расход красителя и выше загрязнение сточных вод [2]. В связи с этим, чем выше значение ковалентной фиксации активного красителя на волокне, тем выше качество окраски. В целях дополнительной ковалентной фиксации сорбированной части красителя в красильный раствор вводили бифункциональное соединение, этиленхлоргидрина с концентрацией 5 г/л.

Было установлено, что роль этиленхлоргидрина заключается в том, что он оказывает разрыхляющее действие на структуру шелка и вступает во взаимодействие, с одной стороны – с молекулой активного красителя, а с другой – с активными центрами (функциональными группами) волокна. При этом создаются условия для повышения количества сорбированного красителя и образуется своеобразный “мостик”, который дополнительно фиксирует гидролизованный краситель на волокне, обеспечивая тем самым более интенсивную окраску, а также экономию красителя. Изучение влияния природы активных красителей на повышение степени их использования с помощью этиленхлоргидрина показало, что степень фиксации красителя на шелке повышается на 6-25% [1].

Ранее методами рентгеноструктурного анализа, вискозиметрии, хроматографии, электронной микроскопии показано, что этиленхлоргидрин может образовать следующие связи [3]:

1. Шёлк+ этиленхлоргидрин +шёлк;
2. Краситель+ этиленхлоргидрин +краситель;
3. Шёлк+ этиленхлоргидрин +краситель

В красильном растворе прямых красителей этиленхлоргидрин являясь бифункциональным веществом, может ковалентно связать краситель с природными волокнами по –ОН, –NH₂ группам красителя и волокна. Повышение количества красителя на волокне является косвенным доказательством вышесказанного.

Результаты крашения активными и прямыми красителями хлопко-шелковых смесовой ткани с добавкой этиленхлоргидрина представлены в табл. 4.

Как видно из результатов, представленных в табл. 4., введение в красильный раствор прямых и активных красителей этиленхлоргидрина в количестве 5 г/л способствует повышению степени фиксации этих красителей на хлопковой и шелковой части смесовой ткани. Степень полезного использования исследованных красителей (за исключением Bezaktiv желтого S-max) на хлопке достигает до 93-98 %, а на шелке 82-88 %.

Таблица 4

Влияние этиленхлоргидрина на изменение количественных характеристик красителей на составляющих хлопко-шелковых тканей

Красители	Фиксация красителя, г/кг		Степень использования красителя		Интенсивность цвета, K/S	
	Концентрация этиленхлоргидрина, г/л					
	0	5	0	5	0	5
Хлопок						
Bezaktiv желтый	3,2	7,2	16	36	6	14,5
Bezaktiv бирюзовый	3,2	19,6	16	98	4	14,0
Tubantin красный	4,6	19,4	23	97	3	14,0
Tubantin желтый	3,4	18,6	17	93	5,5	12,5
Шелк						
Bezaktiv желтый	9,4	13,8	47	69	10	14
Bezaktiv бирюзовый	3,6	16,4	18	82	10	16
Tubantin красный	3,0	16,4	15	82	1	10
Tubantin желтый	6,6	17,6	33	88	4	6

Т.о., на основе полученных результатов можно заключить следующее:

1. Bentonит и энзим Lauzum Antipile LC оказывают существенное модифицирующее действие на надмолекулярную структуру волокон хлопка и шелка (физическая модификация).

2. При крашении хлопковой и шелковой части смесовой ткани за счет разрыхления структуры волокон бентонит резко облегчается диффузия красителя вглубь волокна, в результате степень использования исследованных красителей возрастает в 2÷6 раз и в лучшем случае доходит до 98÷99 %.

3. Показана возможность ковалентной фиксации гидролизованной части активных и прямых красителей на хлопковой и шелковой частях смесовой ткани.

4. При введении в красильный раствор активных и прямых красителей бифункционального соединения интенсивность цвета на хлопке и шелке повышается и выравнивается, чем увеличивается возможность однотонного крашения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мирзахмедова М.Х. Разработка совмещенной технологии крашения и заключительной отделки натурального шелка // Дисс. на соискание кандидата технических наук, ТТИЛП, Т., 2010 г.
2. Романова М.Г., Гордеева Н.В. Активные красители в текстильной промышленности. -М.: Легпромбытиздат. 1986. 144 с.
3. Абдукаримова М.З., Ташпулатов Ю.Т. Модификация натурального шелка. // Ж. Химия природных соединений. – Ташкент, 2000. - №2. - с. 66-68.

УДК 677.494.745.32+547.965:54-162

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРИРОДЫ БЕЛКА НА ФИЗИКО - МЕХНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МОДИФИЦИРОВАННОГО ВОЛОКНА

OF INFLUENCE OF THE NATURE OF PROTEIN ON FIZIKO-OF MECHANICS PROPERTIES AND DEGREE OF CRYSTALLINE OF THE MODIFIED FIBER

Н.З. Сайдилиева, Д.Б. Худайбердиева
N.Z. Saydilieva, D.B. Hudaiberdieva

Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности, (Узбекистан)
Tashkent institute of textile and light industry, (Uzbekistan)
E-mail: saydaliyeva@umail.uz, dilfuza1955@yahoo.com

В данной работе в качестве авиважной ванны был использован водный раствор белка разной природы, имеющий глобулярную и фибриллярную структуры. Вводимые белки в гель-волокно имеют многочисленные функциональные группы, которые способствуют улучшению гигиенического качества, а также окрашиваемости ПАН. В малой лабораторной установке было сформовано ПАН волокно из ДМФ раствора и после осадительной ванны было обработано водным раствором разного белка на различной концентрации. Изучены физико-механические свойства модифицированного волокна. Установлено, что модификация приводит к повышению линейной плотности волокна и удлинению при разрыве. Относительная прочность волокна модифицированного раствором относительно низкой концентрации белка выше, чем у исходного.

Ключевые слова: модификация, белки, степени кристалличности, волокно, раствор, диффузия, вытяжка

This work as avian bath was parmesans aqueous solution of a protein of a different nature having globular and febrile structures. In the led of the proteins in the gel fiber, have numerous functional groups, which contributes to improve the hygienic quality and disability PAN. Present work in a small laboratory setting was preformed PAN fiber from DMF solution after the precipitation bath was treated with an aqueous solution of a variety of protein at different concentrations. Physico-mechanical properties of modified fibers. It is established that the modification leads to increased linear density of fibers, the elongation at break. The relative strength of the fiber modified with a solution of relatively low concentration of protein higher than the original. Apparently, more dilute solutions of the diffusion process of protein structure in the gel fiber is shortened.

Keywords: the degree of crystallinity, modified, protein, fiber, solution, diffusion, hood

Полиакрилонитрильное волокно нитрон обладает высокой устойчивостью к свету и атмосферным воздействиям, превосходит в этом отношении почти все природные и химические волокна. Однако, оно обладает существенными недостатками: одним из недостатков является плохая окрашиваемость, связанная с отсутствием в макромолекулах функциональных групп, способных связывать краситель. Волокну нитрон характерна высокая плотность структуры и гидрофобность.

Основной задачей формования является придание полимеру физической структуры, обеспечивающей требуемые физико-механические свойства волокна. Формование химических волокон начинается с перевода волокнообразующего полимера в вязкотекучее состояние и завершается термофиксационной обработкой волокна. Изменения структуры полимерного субстрата на любой стадии процесса формования влечет за собой изменение динамики сорбции низкомолекулярных соединений [1].

Известно, что свежесформованные ПАН волокна представляют собой сравнительно рыхло упакованные, одноосно-ориентированные структуры, характеризующиеся развитой внутренней поверхностью. Особенности надмолекулярной организации таких гель-волокон обуславливают доступность полимерного субстрата действию различных реагентов.

Высокая активность вновь образованных в результате фазового распада при нитеобразовании внутренних поверхностей гель-волокон предопределяет возможность реализации эффективного метода придания химическим волокнам специфических свойств - инклюзионной модификации. Целесообразность технической реализации подобных процессов очевидна, поскольку введение различных неорганических и органических веществ позволяет существенно разнообразить ассортимент выпускаемой продукции и способствует удовлетворению потребности в волокнах специального назначения. Использование водных растворов белков для модификации геля волокна нитрона открывает новые перспективы улучшения их гигиенических свойств. Этот способ имеет ряд преимуществ перед методом формования волокна из смеси полимеров или использования природного полимера на стадии сополимеризации, химической модификации синтетического полимера на основе полимераналогичных превращений.

Изучена обработка волокна в ванне «мягкой отделки» 1-4%-ным раствором смеси фиброина и серицина. Поверхностная модификация волокна белковым раствором приводит к улучшению сорбционных свойств. Недостатками данного способа являются длительность получения гомогенного белкового раствора, малое содержание белка в модифицированном волокне. Также был изучен способ формования полиакрилонитрильного волокна из смеси полимеров. Процесс формования волокна осуществляется по мокрому способу из смесей полимеров путем введения в полимерный субстрат (ПАН) раствора фиброина. Растворение фиброина осуществляется путем растворения очищенных от серицина отходов натурального шелка в растворителе, состоящем из раствора роданистого натрия и этилового спирта, при температуре 80⁰С в течение 5 часов. Недостатками способа являются: использование этилового спирта в качестве соразтворителя в процессе растворения отходов натурального шелка; требование удаления серицина из отходов натурального шелка до растворения; продолжительность процесса растворения; отдельное осаждение фиброина от полиакрилонитрила в осадительной ванне [2,3].

Природа и строение модифицирующего агента оказывают существенное влияние на структурообразование формирующего волокна. Сущность технологии гель-волокно имеющее высокие объемные свойства, проходя авиважную ванну при температуры 17⁰С максимально сорбирует из водных растворов белок. Затем обработанное волокно проходит 400%-ную пластификационную вытяжку. В результате сорбированный модифицированный агент остается закапсулированный в структуре волокна. В качестве авиважной ванны был перемешен водный раствор белка разной природы, имеющий глобулярную и фибриллярную структуру. Вводимые белки в гель-волокно имеют многочисленные функциональные группы, которые способствуют улучшению гигиенического качества, а также окрашиваемость ПАН

В настоящей работе в малой лабораторной установке было сформовано ПАН волокно из ДМФ раствора и после осадительной ванны было обработано водным раствором водорастворимого и водонерастворимого белка на разной концентрации. Изучены физико-механические свойства модифицированного волокна (табл.1).

Таблица 1

Влияния природы модифицирующего агента на физико-механические свойства волокна ПАН

Качественные показатели образцов	Образцы обработанные раствором белка				
	исходный	глобулярный белок, г/л		фибриллярной белок, г/л	
		0,6	0,3	0,5	0,25
Линейная плотность, текс	0,317	0,337	0,323	0,329	0,321
Относительная прочность, сН/текс	25,8	23,3	26,1	24,2	26,4
Неровномерность по прочности, %	2,4	5,8	4,1	4,8	3,7
Удлинение при разрыве, %	37,6	40,7	36,6	33,4	34,0
Неровномерность по удлинению, %	0,3	2,8	1,4	1,4	0,8

По результатам эксперимента видно, что модификация приводит к повышению линейной плотности волокна и удлинению при разрыве. Относительная прочность волокна, модифицированного растворами низкой концентрации фибриллярного и глобулярного белка, уменьшается до 23,3 сН/текс, а с повышением концентрации увеличивается до 26 сН/текс. Неровномерности по прочности образцов повышается от 2,4% до 5,8%. Удлинение при разрыве и неравномерность по удлинению модифицированных волокон растворами глобулярного белка выше, чем у волокон исходных и обработанных раствором фибриллярного белка.

Рентгеноструктурный анализ (РСА) находит широкое применение в исследованиях кристаллической структуры ПАН волокна. Он позволяет устанавливать параметры кристаллической решетки, определять тип и содержание кристаллической модификации, степень кристалличности, размер и дефектность кристаллов и ряд других характеристик, связанных со структурой полимера.

Степень кристалличности является важной структурной характеристикой нитрона, оказывающей влияние на физико-химические, теплофизические свойства и его реакционную способность. Для анализа использовался рентгеновский дифрактометр D8 Advance производства фирмы Bruker. AXS (Германия), использовано излучение К-а меди, выделенное никелевым фильтром, с длиной волны $\lambda=9\text{Å}$. Измерения проводились в пошаговом режиме в интервале углов 4-30 градусов с шагом 0,1 градуса, время отсчета одной точки 4 с. В качестве параметра, подлежащего оценке, была рассчитана степень кристалличности образцов целлюлоз по методике Иоеловича [4, с. 49], методу Сегала [4, с. 49]. Первый метод состоял в определении отношения площадей под кристаллическими пиками к общей площади под кривой рассеяния. Расчет индекса кристалличности S_k по Сегалу основан на определении отношения интенсивности рефлекса 002 (I002) за вычетом интенсивности рассеяния при угле 19-20 град. (Ia) к суммарной интенсивности рефлекса I002 [4, с. 44-55]:

$$S_k = (I_{002} - I_a) / I_{002}, \quad (1)$$

где I_a - интенсивность рассеяния при углах 17-19°; I002 - интенсивность рефлекса 002.

Расчет величин размеров кристаллитов определяли по формуле Шеррера и по соотношению, взятому из работы Иоеловича [4, с. 44-55].

Границы применимости данного метода по определению размеров кристаллитов - от 10 до 1000 Å, ошибка измерения - не более 10-20 Å (табл. 2).

Влияние модификации белков на степень кристалличности ПАН

Длина электромагнитной волны γ	Степень кристалличности, %				
	Исходный	Водонерастворимый белок, г/л		Водорастворимый белок, г/л	
		0,6	0,3	0,5	0,25
18 kv 9mA $1 \cdot 10^3$ см/сек	56	25	28	40	60

По-видимому, в более разбавленных растворах процесс диффузии белка в структуру гель-волокна протекает быстрее. Относительно маленькие фрагменты макромолекул белка легко диффундируют в поры гель-волокна, что приводит уплотнению его структуры.

Определено повышение прочности образцов ПАН волокна обработанных растворами белка низкой концентрации. Гель-волокно, имеющее высокие объемные свойства, проходя ванну, содержащую водный раствор белка, максимально сорбирует, затем обработанное волокно проходит пластификационную вытяжку.

Методом рентгеноструктурного анализа была определена степень кристалличности модифицированного волокна. Как видно из данных, в результате модификации степень кристалличности повышается с уменьшением концентрации белковых растворов, что объясняет сшивку функциональных групп белков в полиакрилонитрильное волокно.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Геллер Б.Э., Щербина Л.А. Кинетические и термодинамические аспекты модификации композиционного состава волокнообразующих сополимеров на основе акрилонитрила. //Хим. волокна. -2002.-№4 с. 14-17.
2. Закиров И.З. Закономерности структурообразования при формовании по мокрому способу химических волокон из смесей полимеров. Дис. док. техн. наук, 1983. -278 с.
3. Набиева И.А. Модификация ПАН - волокна нитрон отходами натурального шелка и разработка технологии химической отделки смесовых материалов на его основе. Дис. док. техн. наук., 2010. -269 с
4. Методы исследования целлюлозы / под ред. В.П. Карливана. Рига, 1981. 264 с.

СОДЕРЖАНИЕ

1	БИОНИКА И СОВРЕМЕННЫЙ «УМНЫЙ» ТЕКСТИЛЬ И ОДЕЖДА Г.Е. Кричевский	3
2	РАЗРАБОТКА НОВЫХ СТРУКТУР ТКАНЕЙ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ИХ ИЗГОТОВЛЕНИЯ С.Д. Николаев	6
3	ВОЛОКНИСТЫЕ МАТЕРИАЛЫ ШЕСТОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УКЛАДА – НАНОТЕХНОЛОГИИ И НАНОМАТЕРИАЛЫ А.К. Изгородин	9
4	МОДИФИКАЦИЯ ЛЬНЯНЫХ ВОЛОКОН: ОТ ИССЛЕДОВАНИЙ К РЕАЛИЗАЦИИ А.П. Морыганов	15
5	НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ МЕТОДА ПРИДАНИЯ ПОЛИЭФИРНЫМ ТЕКСТИЛЬНЫМ МАТЕРИАЛАМ ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ Н.П. Пророкова	19
6	ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ СТРУКТУР ТЕКСТИЛЬНЫХ ПОЛОТЕН КАК ОСНОВЫ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ Т.Ю. Карева	25
7	МИРОВЫЕ СТАНДАРТЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ А.Ю. Матрохин	30
8	ВОЗМОЖНОСТИ ПЛАЗМОХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ С УЛУЧШЕННЫМИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ СВОЙСТВАМИ В.А. Титов, Б.Л. Горберг	35
9	ПРОГНОЗ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НЕТКАНЫХ СТРУКТУР МЕТОДОМ АНАЛИЗА ИЗОБРАЖЕНИЙ С.В. Ершов, Е.Н. Калинин	40
10	СУШКА ТКАНИ ПРИ ПОНИЖЕННОМ ДАВЛЕНИИ Д.В. Чухнин	44
11	О МОДЕЛИРОВАНИИ АКТИВНОЙ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ В ПРОМЫВНОЙ ВАННЕ М.А. Берегов, Е.Н. Калинин, В.Б. Кузнецов	46
12	СПОСОБЫ СТАБИЛИЗАЦИИ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ И РЕОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЛЕЧЕБНЫХ ДЕПО-МАТЕРИАЛОВ «КОЛЕГЕЛЬ» Т.С. Быркина, Н.Д. Олтаржевская, А.В. Колаева	51

13	ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ФЛЮОРОКАРБОНА В ТКАНЯХ ИЗ СИНТЕТИЧЕСКИХ ВОЛОКОН И.Н. Гоглев, В.Е. Румянцева, О.Г. Циркина	62
14	ВЛИЯНИЕ ПРЯМОГО ФТОРИРОВАНИЯ ПОЛИПРОПИЛЕНОВОГО НЕТКАНОГО МАТЕРИАЛА НА ЕГО ГИДРОФИЛЬНО-ГИДРОФОБНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ В.А. Истраткин	65
15	АДСОРБЦИОННАЯ ИММОБИЛИЗАЦИЯ ВОДОРАСТВОРИМЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ КРАСИТЕЛЕЙ НА ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛАХ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ ХИТОЗАНОМ Е.А. Мезина	68
16	ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛЬНЫХ ЛИТЬЕВЫХ ПЛАСТИКОВ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ А.М. Смирнова	71
17	ПОЛИУРЕТАН В ТЕКСТИЛЬНОЙ И ДРУГИХ ОТРАСЛЯХ ПРОМЫШЛЕННОСТИ А.М. Смирнова	74
18	СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРОМЫВКИ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ, КОЛОРИРОВАННЫХ АКТИВНЫМИ КРАСИТЕЛЯМИ И.М. Кружилина, О.И. Одинцова, О.А. Белокурова	79
19	ИССЛЕДОВАНИЕ ВОДООТТАЛКИВАЮЩИХ СВОЙСТВ ГИДРОФОБНОГО ТЕКСТИЛЬНОГО МАТЕРИАЛА Н.К. Куанбай, А.М. Кенжебаева, А.К. Баданова	82
20	РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩИЙ СПОСОБ ПАРОВОЙ ФИКСАЦИИ КРАСИТЕЛЕЙ НА ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛАХ А.К. Баданова, К.И. Баданов, Р.Р. Баданова	87
21	СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РЕЖИМОВ ОБРАБОТКИ ЛЬНЯНОЙ РОВНИЦЫ В ЭХА РАСТВОРАХ, ПРИ ПОДГОТОВКЕ ЕЕ К ПРЯДЕНИЮ Ю.А. Собашко	92
22	МЕТОДИКА ПОЛУЧЕНИЯ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ОДЕЖДЫ ДЛЯ ЛЮДЕЙ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ДВИГАТЕЛЬНЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ Н.Ю. Савельева, В.Б. Гнездилова	95
23	ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОТВАРКИ ХЛОПКО-ЛАВСАНОВЫХ МАТЕРИАЛОВ Н.Д. Раупова, Р.М. Артикбоева, М.Ш. Хасанова, И.А. Набиева	99
24	ОБОСНОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВОЛОКОН КОМПОНЕНТОВ В ПОПЕРЕЧНОМ СЕЧЕНИИ ПРЯЖИ А.Д. Зиновьева	102
25	ИСПЫТАНИЕ КОМПОНЕНТОВ СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПАРАФИНИРОВАНИЯ ТРИКОТАЖНЫХ НИТЕЙ А.А. Катаманов, Р.Р. Алешин	103

26	АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА МОНИТОРИНГА ПРОИЗВОДСТВА ГЕОТЕКСТИЛЬНЫХ СЕТОК С УЧЕТОМ ТРЕБОВАНИЙ ИСО 9001-2015 А.А. Цыбышева, Н.Э. Чистякова	110
27	СОВРЕМЕННЫЕ ТЕКСТИЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ КОМПОЗИТОВ О.Н.Коваленко, А.А.Тувин	113
28	ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕОСИНТЕТИКИ В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ Р.Р. Аллямов	117
29	МЕЖКЛАСТЕРНОЕ РАЗВИТИЕ, ПУТИ РАЗВИТИЯ В СФЕРЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ТЕКСТИЛЯ Р.П. Иванова	119
30	К ВОПРОСУ О ПРОЧНОСТИ СЦЕПЛЕНИЯ КОМПОЗИТНОЙ АРМАТУРЫ С БЕТОНОМ И.В. Караваев, В.Е. Румянцева, В.С. Коновалова	124
31	ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ КИСЛОРОДНОГО ИНДЕКСА ОБРАЗЦОВ ДРЕВЕСИНЫ ОТ КОНЦЕНТРАЦИИ АНТИПИРЕНА Н.М. Панев, А.А. Александров, А.А. Воронцова, Д.В. Калашников, А.Л. Никифоров	128
32	ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА РАЗРЫХЛЕНИЯ ВОЛОКНИСТОЙ СМЕСИ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА АЭРОДИНАМИЧЕСКОЙ РАССОРТИРОВКИ ВОЛОКОН ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ НЕТКАНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ И.Г. Хосровян, М.А. Тувин, Т.Я. Красик, Г.А. Хосровян	131
33	СТАНДАРТИЗАЦИЯ НОВОЙ МЕТОДИКИ ИСПЫТАНИЙ И ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ ГЕОТЕКСТИЛЬНЫХ ПОЛОТЕН ПРИ ДЕЙСТВИИ РАЗЛИЧНЫХ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ФАКТОРОВ Т.О. Гойс, А.Ю. Матрохин	134
34	НЕТКАНЫЙ МАТЕРИАЛ С ПОВЫШЕННЫМИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ СВОЙСТВАМИ И.Д. Рассолов, А.П. Сергеенков	138
35	ПРИДАНИЕ ГИДРОФОБНЫХ СВОЙСТВ ХЛОПЧАТОБУМАЖНЫМ ТЕКСТИЛЬНЫМ МАТЕРИАЛАМ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЗОЛЬ-ГЕЛЬ ТЕХНОЛОГИИ Н. Нурмаханкызы, А.К. Баданова, А.Ж. Кутжанова	144
36	ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА КРАШЕНИЯ ХЛОПКО-ШЕЛКОВОЙ ТКАНИ ВОДОРАСТВОРИМЫМИ КРАСИТЕЛЯМИ С.О. Ходжаева, М.Х. Мирзахмедова, Д.Б. Худайбердиева, М.З. Абдукаримова	150
37	ИЗУЧЕНИЯ ВЛИЯНИЯ ПРИРОДЫ БЕЛКА НА ФИЗИКО - МЕХНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МОДИФИЦИРОВАННОГО ВОЛОКНА Н.З. Сайдилиева, Д.Б. Худайбердиева	155

ДЛЯ ЗАМЕТОК

ДЛЯ ЗАМЕТОК

Научное издание

XIX Международный научно-практический форум

**ФИЗИКА ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ:
СТРУКТУРА, СВОЙСТВА, НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ И МАТЕРИАЛЫ**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ
Часть 2**

(SMARTEX-2016)

Ответственный за выпуск
Компьютерная верстка
Дизайн обложки

А.П. Новикова
П.В. Кузнецова
А.П. Новиковой

Статьи публикуются в авторской редакции

Подписано в печать 16.05.2016. Формат 1/8 60x84.
Усл. печ. л. 19,07. Уч. - изд. л. 11,0 Тираж 100 экз. Заказ №

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет»
153000, г. Иваново, ул. 8 Марта, 20
Адрес в Интернете: www.ivgpi.com

Отпечатано в ОАО «Информатика»
153032, г. Иваново, ул. Ташкентская, 90