

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

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

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ
XXII Международного
научно-практического форума
«SMARTEX – 2019»**

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

25 – 27 сентября 2019 года

Иваново 2019

УДК 677.1/.5:5

Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы [Текст]: сб. материалов XXII Междунар. науч.-практ. форума «SMARTEX-2019», 25–27 сентября 2019 года. – Иваново: ИВГПУ, 2019.– 316 с.

Рецензенты:

д-р техн. наук, проф. А.П. Морыганов (Институт химии растворов имени Г.А. Крестова РАН), д-р техн. наук, гл. науч. сотр. Н.П. Пророкова (Институт химии растворов имени Г.А. Крестова РАН), д-р техн. наук, вед. науч. сотр. С.В. Алеева (Институт химии растворов имени Г.А. Крестова РАН), д-р техн. наук, проф. Н.А. Кулида (Ивановский государственный политехнический университет), д-р техн. наук, проф. А.Ю. Матрохин (Ивановский государственный политехнический университет), д-р тех. наук, проф. А.М. Киселёв (Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна)

Состав Организационного комитета

Сопредседатели

- Румянцев Е.В. д-р хим. наук, ректор Ивановского государственного политехнического университета
- Киселев М.Г. д-р хим. наук, директор Института химии растворов имени Г.А. Крестова Российской академии наук (г. Иваново)
- Разбродин А.В. канд. техн. наук, президент Российского Союза предпринимателей текстильной и легкой промышленности, член Общественной палаты РФ, член правления РСПП РФ (Москва)
- Кашеев О.В. канд. психол. наук, профессор, проректор по научной работе Российского государственного университета имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство) (Москва)

Учёные секретари

- Никифорова Е.Н. д-р техн. наук, профессор, первый проректор-проректор по развитию Ивановского государственного политехнического университета
- Пророкова Н.П. д-р техн. наук, профессор, гл. научн. сотр. Института химии растворов имени Г.А. Крестова Российской академии наук (г. Иваново), профессор Ивановского государственного политехнического университета

Члены оргкомитета

- Ахунбабаев О.А. д-р техн. наук, директор Узбекского научно-исследовательского института натуральных волокон (г. Маргилан, Республика Узбекистан)
- Богаделина А.В. ген. директор ОАО ХБК «Шуйские ситцы» (г. Шуя, Ивановская область)
- Бузник В.М. акад. РАН, д-р хим. наук, профессор, начальник лаборатории Всероссийского научно-исследовательского института авиационных материалов (Москва)
- Бутман М.Ф. д-р физ.-мат. наук, профессор, ректор Ивановского государственного химико-технологического университета
- Васильев Д.М. канд. техн. наук, директор Ивановского научно-исследовательского института пленочных материалов и искусственной кожи ФСБ России
- Ibrahim Aman д-р наук, вице-президент Университета г. Кафр-эль-Шейх (Арабская Республика Египет)
- Киселев М.В. д-р техн. наук, профессор Костромского государственного университета
- Койфман О.И. чл.-корр. РАН, д-р хим. наук, профессор, президент Ивановского государственного химико-технологического университета
- Кокшаров С.А. д-р техн. наук, профессор, заведующий научно-инновационным отделом Института химии растворов имени Г.А. Крестова Российской академии наук (г. Иваново)
- Корнилова Н.Л. д-р техн. наук, профессор, начальник Инжинирингового центра текстильной и легкой промышленности (г. Иваново)
- Кричевский Г.Е. д-р техн. наук, профессор, президент Российского союза химиков-текстильщиков и колористов, гл. редактор журнала «НБИКС – Наука. Технологии» (Москва)
- Кулида Н.А. д-р техн. наук, профессор, директор Института текстильной индустрии и моды Ивановского государственного политехнического университета
- Лекишвили Н.Г. д-р хим. наук, профессор Тбилисского государственного университета имени Ивана Джавахишвили, президент Союза химиков Грузии (Республика Грузия)
- Лободанов А.П. д-р филол. наук, профессор, декан факультета искусств Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, академик Болонской Академии наук
- Лысенко А.А. д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой Санкт-Петербургского государственного университета промышленных технологий и дизайна
- Петров И.Р. руководитель АНО «Агентство по привлечению инвестиций в Ивановскую область», ген. директор ООО «Протекс» (г. Иваново)
- Савинов В.С. испол. директор Российского Союза химиков (Москва)
- Федорова Т.А. руководитель Дирекции Технологической платформы «Текстильная и легкая промышленность» (г. Казань)
- Юнусов С.З. д-р техн. наук, ректор Ташкентского института текстильной и легкой промышленности (Республика Узбекистан)

Состав Программного комитета

Члены комитета

Морыганов А.П.	д-р техн. наук, профессор, зав. лабораторией Института химии растворов имени Г.А. Крестова Российской академии наук (г. Иваново)
Алеева С.В.	д-р хим. наук, директор Института химии растворов имени Г.А. Крестова Российской академии наук (г. Иваново)
Гусев Б.Н.	д-р техн. наук, профессор Ивановского государственного политехнического университета
Elsayed A. Elnashar	д-р наук, профессор Университета г. Кафр-эль-Шейх (Арабская Республика Египет)
Карева Т.Ю.	д-р техн. наук, профессор Ивановского государственного политехнического университета
Киселев А.М.	д-р техн. наук, профессор Санкт-Петербургского государственного университета промышленных технологий и дизайна
Кузьмичев В.Е.	д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой Ивановского государственного политехнического университета
Матрохин А.Ю.	д-р техн. наук, профессор, проректор по образовательной деятельности Ивановского государственного политехнического университета
Одинцова О.И.	д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой Ивановского государственного химико-технологического университета
Песецкий С.С.	чл.-корр. НАН Беларуси, д-р техн. наук, профессор, главный редактор научного журнала «Полимерные материалы и технологии» Института механики металлополимерных систем имени В.А. Белого НАН (г. Гомель, Республика Беларусь)
Румянцева В.Е.	д-р техн. наук, профессор, директор Института социально-гуманитарных и естественных наук Ивановского государственного политехнического университета
Трещалин М.Ю.	д-р техн. наук, профессор Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова (Москва)

**НОВЫЕ МЕТОДЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ СВОЙСТВ УГЛЕРОДНЫХ ТКАНЕЙ:
ПОЛУЧЕНИЕ, ОПТИМИЗАЦИЯ, ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ**

**NEW METHODS FOR REGULATING THE PROPERTIES OF CARBON FABRIC:
PRODUCTION, OPTIMIZATION, OPERATIONAL CHARACTERISTICS**

В.А. Нелюб

V.A. Neluyb

Московский государственный технический университет

имени Н.Э. Баумана

Bauman Moscow State Technical University

Email: mail@emtc.ru

Приведены результаты оценки качества металлических покрытий, нанесенных на углеродные ленты методом магнетронного распыления. Рассмотрены три типа металлических покрытий: нержавеющая сталь 12X18H10T, титан VT1-0 и медь M1. Проведены результаты многокритериальной оптимизации толщины металлического покрытия, установлено, что оптимальной является толщина 100 нм. Приведены результаты оценки электропроводности углеродных лент с металлическим покрытием и характеристики прочности углепластиков при межслоевом сдвиге. Показано, что при использовании углеродных лент с металлическим покрытием имеет место повышение этих характеристик на 30-50%.

Ключевые слова: углеродная лента; металлические покрытия; прочность; электропроводность; теплопроводность.

The results of quality assessment of metal coatings deposited on a carbon tape by magnetron sputtering are presented. Three types of metal coatings are considered: stainless steel 12X18H10T, titanium VT1-0 and copper M1. The results of multicriteria optimization of the thickness of the metal coating were carried out, it was found that the optimum thickness is 100 nm. The results of evaluating the electrical conductivity of carbon tapes with a metal coating and the characteristics of the strength of carbon plastics during interlayer shear are presented. It is shown that when using carbon tapes with a metal coating, there is an increase in these characteristics by 30-50%.

Key words: carbon tape; metal coatings; strength; electrical conductivity; thermal conductivity.

Области применения полимерных композиционных материалов (ПКМ), в первую очередь – углепластиков, с каждым годом постоянно расширяются, что связано с их уникальными механическими и теплофизическими характеристиками [1]. Необходимость совершенствования эксплуатационных характеристик существующих ПКМ порождает проблематику расширения комплекса их свойств.

Для модификации свойств углеродных тканей используются самые различные технологии и одним из эффективных методов регулирования их свойств является технология металлизации [2]. Основной целью металлизации является изменение микроструктуры, топологии и физико-химических свойств поверхности углеродных тканей, что позволяет регулировать их реакционную способность, тепло- и электрофизические свойства, биосовместимость и многие др.

Разработка углепластиков с комплексом функциональных свойств позволит существенно повысить конкурентоспособность изделий. Такие материалы обеспечат повышение долговечности, снижение себестоимости и повышение эффективности использования углепластиков. Наибольшее распространение при нанесении металлических покрытий на ткани получили технологии напыления. Основной целью металлизации является изменение микроструктуры и физико-химических свойств поверхности углеродных лент и тканей, что позволяет регулировать их реакционную способность, теплофизические свойства, биосовместимость и др. В настоящей работе для напыления использована лабораторная установка МИР-2 [2].

Целью работы является оценка свойств углеродных лент с металлическими покрытиями и свойства углепластиков на их основе.

Металлические покрытия наносили на отечественную и импортную однонаправленную углеродную ленту марок ЛУП и FibArmTape-230/300 с использованием лабораторной установки магнетронного распыления МИР-2.

В качестве мишеней применяли: нержавеющую сталь марки 12Х18Н10Т, титан ВТ1-0, медь марки М1 (табл. 1).

Таблица 1
Химический состав металлических покрытий

Содержание химических элементов, %								
Медь марки М1								
Cu+Ag	Fe	Ni	S	As	Pb	Zn	O	Sb
99,9	0,005	0,002	0,004	0,002	0,005	0,004	0,05	0,002
Титан марки ВТ1-0, ГОСТ 19807-91								
Ti	Fe		C		Si		Ni	
99,7	0,25		0,07		0,1		0,04	
Нержавеющая сталь марки 12Х18Н10Т								
Fe	C	S	Si	Ni	P	Cr	Ti	
67	0,12	0,02	0,8	11	0,035	19	1	

Определение оптимальных значений толщин металлических покрытий на углеродной ленте проводили методом идеальной точки. В качестве критериев оптимальности принимаемого решения использованы четыре показателя: x_1 – адгезионная прочность, определенная методом pull-out ($x_1 \rightarrow \max$); x_2 – линейная плотность ($x_2 \rightarrow \min$); x_3 – себестоимость ($x_3 \rightarrow \min$); x_4 – деформационные характеристики элементарных углеродных волокон ($x_4 \rightarrow \max$) [3]. Толщину металлического покрытия принимали за пространство оптимизируемых параметров. Задача определения оптимальной толщины металлического покрытия формулируется как задача минимизации. В результате проведенных расчетов установлено, что оптимальной является толщина металлического покрытия, равная 100 нм.

Величину электрического сопротивления углеродной ленты определяли с помощью специального приспособления, которое представляло собой измерительную ячейку. В процессе измерений определяли величину электрического сопротивления образца углеродной ленты квадратной формы при приложении напряжения к двум противоположным сторонам измерительной ячейки.

Механические характеристики углепластика определяли по величине прочности углепластика при межслоевом сдвиге методом короткой балки по ASTM D 2344.

В качестве связующего, при изготовлении углепластиков, использовался состав из эпокси-диановой смолы ЭД-20, изометилтетрагидрофталевого ангидрида в качестве отвердителя в количестве 80 мас.ч. на 100 мас. ч. смолы и диэтиленгликоля – в качестве активного разбавителя в количестве 5 мас.ч. Формование образцов углепластиков проводили по технологии вакуумной инфузии [4].

Первоначально, после нанесения металлических покрытий на углеродную ленту определяли механические характеристики элементарных углеродных волокон (табл. 2).

Таблица 2

Свойства элементарных углеродных волокон до и после нанесения металлических покрытий

Материал покрытия	Разрушающее напряжение, МПа	Относительное удлинение при разрыве, %
Углеродная лента ЛУП		
Без покрытий	1773	0,78
Нержавеющая сталь	1893	0,73
Титан	1529	0,60
Медь	1881	0,72
Углеродная лента FibArmTape-230/300		
Без покрытий	3010	1,96
Нержавеющая сталь	4640	1,88
Титан	4360	1,84
Медь	4430	1,95

Из полученных результатов экспериментальных исследований следует, что прочность элементарных углеродных волокон, в зависимости от типа наносимого металлического покрытия, может как увеличиваться, так и уменьшаться. Например, при нанесении на углеродную ленту ЛУП в качестве покрытия титана имеет место снижение прочности элементарных волокон на 13,7%. В то же время, при нанесении покрытия из нержавеющей стали и меди, имеет место некоторое повышение прочности элементарных углеродных волокон на 6,7% и 6% соответственно. Для углеродной ленты FibArmTape-230/300 металлические покрытия из нержавеющей стали, титана и меди приводят к повышению прочности элементарных нитей на 54%, 44% и 47% соответственно. Таким образом, в процессе металлизации не происходит повреждения элементарных углеродных волокон, однако их деформационные характеристики снижаются.

В табл. 3 приведены результаты испытаний углепластиков на межслоевой сдвиг.

Таблица 3

Прочность углепластиков при межслоевом сдвиге

Материал покрытия	Прочность при межслоевом сдвиге, МПа на углеродных лентах	
	ЛУП	FibArmTape-230/300
Без покрытия	46	49
Титан	61	68
Нержавеющая сталь	64	54
Медь	52	69

В результате проведенных исследований установлено, что при использовании углеродной ленты ЛУП имеет место повышение прочности при межслоевом сдвиге на 35%, 39% и 13% при нанесении покрытий из титана, нержавеющей стали и меди соответственно. При использовании углеродной ленты FibArmTape-230/300 имеет место повышение прочности при межслоевом сдвиге на 39%, 10% и 41% при нанесении покрытий из титана, нержавеющей стали и меди соответственно. Таким образом, металлизация позволила улучшить механические характеристики углепластиков.

Результаты определения характеристик удельного поверхностного электрического сопротивления углеродных лент с покрытием из нержавеющей стали и меди приведены в табл. 4. Чем выше характеристики электрического сопротивления, тем хуже электрические свойства, т.е. чем ниже электрическое сопротивление, тем выше проводимость.

Характеристики удельного электрического сопротивления углеродных лент с покрытиями из нержавеющей стали и меди

Продолжительность напыления, мин	Величина поверхностного сопротивления, Ом для углеродных лент марок	
	ЛУП	FibArm Tape-230 300
Покрытие из нержавеющей стали		
Без металлического покрытия	1,2	2,9
1	1,0	2,7
3	0,9	2,5
5	0,85	2,2
7	0,8	2,0
10	0,78	1,9
Покрытие из меди		
Без металлического покрытия	1,2	2,9
1	0,8	2,1
3	0,75	1,9
5	0,7	1,7
7	0,65	1,5
10	0,6	1,3

Точность используемого оборудования для измерения величины удельного электрического сопротивления относительно не высока и составляет $\pm 0,1$, что не позволяет точно оценить разницу между влиянием продолжительности напыления в несколько минут. Однако, возможно установить общий характер закономерностей для двух типов исследованных металлических покрытий – чем больше продолжительность напыления, тем ниже характеристики электрического сопротивления. По сравнению с углеродными лентами без металлического покрытия, величина электрического сопротивления снижается на 35% при нанесении покрытия из нержавеющей стали и на 50% при нанесении покрытия из меди.

В результате проведенных исследований установлено, что при увеличении продолжительности процесса напыления металлического покрытия имеет место снижение величины электрического сопротивления для двух исследованных углеродных лент и двух типов металлических покрытий. Электропроводность углеродной ленты ЛУП как без металлического покрытия, так и с покрытием разной толщины) выше, чем для углеродной ленты FibArm Tape-230|300.

Металлизированная углеродная лента ЛУП использовалась в качестве армирующего материала при изготовлении ремонтных бандажей. Отличительной особенностью ремонтных технологий является переменный характер внешних условий, в которых проводят ремонт и для большой номенклатуры машин его выполняют на улице. Все виды ремонтных работ магистральных стальных трубопроводов для транспортировки нефти и газа также проводят только в полевых условиях. В качестве объекта исследований была использована прямошовная труба диаметром 820 мм с искусственно нанесенными по основному металлу дефектами. Испытания проводили при внутреннем давлении 2,5 МПа. Для испытаний были использованы трубы, находившиеся ранее в эксплуатации 40 и более лет. В результате проведенных исследований было установлено, что металлизация углеродной ленты позволяет существенным образом улучшить эксплуатационные характеристики ремонтных бандажей. Одновременно, на других образцах поврежденных трубопроводов, проводили испытания на герметичность. Через каждую из отремонтированных труб подавали холодную воду и если в течение 10 мин утечки воды не происходило, то вместо холодной воды подавали горячую с температурой $+50^{\circ}\text{C}$. В результате проведенных исследований

установлено, что нанесение металлических покрытий на углеродную ленту позволило обеспечить герметичность поврежденного фрагмента трубы. Применение обычной (не металлизированной) ленты не позволило создать герметичное соединение.

Одновременно с испытаниями на герметичность, оценивали прочность. В результате проведенных исследований установлено, что прочность соединений, изготовление которых проводилось без использования армирующей ленты при комнатной температуре на 16% выше, чем при отрицательных значениях температур. Если в качестве армирующих материалов использовать углеродную ленту, то прочность с металлизированной лентой всего на 5% выше, чем без металлизации при условии, что все операции по приготовлению, нанесению и отверждению клея проводились при комнатной температуре. Если проводить склеивание при отрицательных температурах, то усилие разрушения клеевых соединений, собранных с использованием металлизированной ленты на 27% выше, чем без металлизации.

Проведена оптимизация толщины металлического покрытия методом идеальной точки и установлено, что оптимальным является толщина 100 нм.

Металлические покрытия позволяют повышать величину прочности углепластиков при межслоевом сдвиге на 30%.

Разработана технология и проведены испытания ремонтных бандажей из углеродной ленты с покрытием из нержавеющей стали, отличающиеся тем, что все технологические операции, в том числе и приготовление и отверждение связующего проводили при отрицательных значениях температур. В результате проведенных исследований установлено, что нанесение металлических покрытий на углеродную ленту позволило обеспечить герметичность поврежденного фрагмента трубы.

Проведены изменения значений электропроводности углеродных лент в зависимости от продолжительности напыления. Установлено, что увеличение продолжительности процесса напыления металлического покрытия приводит к снижению величины электрического сопротивления для двух исследованных углеродных лент и двух типов металлических покрытий, т.е. металлизация позволила на 30-50% повысить электропроводность.

Результаты исследования получены частично в рамках гранта РФФИ №18-29-19034/18 «Разработка теоретических и технологических основ изготовления высокопрочных углепластиков с комплексом новых функциональных свойств на основе металлизированных волокон»

ЛИТЕРАТУРА

1. Баурова Н.И., Зорин В.А. Применение полимерных композиционных материалов при производстве и ремонте машин / Учебное пособие. М. МАДИ, 2016. – 264 с.
2. Горберг Б.Л., Иванов А.А., Мамонтов О.В., Стегнин В.А., Титов В.А. Модифицирование текстильных материалов нанесением нанопокровий методом магнетронного ионно-плазменного распыления // Российский химический журнал, 2011, Т.LV, №3, С.7-13.
3. Нелюб, В.А. Оптимизация технологических режимов изготовления деталей из углепластиков // Химическая промышленность сегодня. – 2018. – №6. – С.3-8.
4. Баурова Н.И., Зорин В.А. Технологическая наследственность при производстве деталей машин из полимерных композиционных материалов: монография. – М.: МАДИ. – 2018. – 220 с.

РАЗРАБОТКА ИННОВАЦИОННЫХ НЕТКАНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТХОДОВ ЛЬНОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВ

DEVELOPMENT OF INNOVATIVE NON-WOVEN COMPOSITE MATERIALS USING WASTE FROM FLAX PROCESSING INDUSTRIES

Ю.М. Трещалин^{1,4}, М.Ю. Трещалин², С.Ю. Вавилова³
Yu. M. Treschalin^{1,4}, M. Yu. Treschalin², S. Yu. Vavilova³

¹Научно-исследовательский технологический центр

²Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

³Институт химии растворов имени Г.А. Крестова Российской академии наук, (г. Иваново)

⁴Ивановский государственный политехнический университет

¹R&D ScientificCenter

²Lomonosov Moscow State University

³Institute of Chemistry of solutions to them. G.A. Krestova (Ivanovo)

⁴Ivanovo State Polytechnic University

E-mail: center@souzlegprom.ru, mtreschalin@mail.ru, vavilovasy@mail.ru

В статье изложены результаты исследований образцов инновационных нетканых материалов, разработанных на основе смеси коротких волокна льна, выделяемых из костры, и химических волокон (мононитей). Рассматривается структура различных смесовых композиций. Дается описание технологического процесса изготовления нетканого материала «Hollen».

Ключевые слова: нетканый материал, лен, костра, короткие волокна, смесовая композиция, сплошная среда, структура, технология, сепарация, измельчение.

The article presents the results of studies of innovative nonwovens samples developed on the basis of a mixture of short flax fibers extracted from fires and chemical fibers (monofilaments). The structure of various mixed compositions is considered. A description of the technological process of manufacturing non-woven material "Hollen".

Keywords: nonwoven material, flax, fire, short fibers, mixed composition, continuous medium, structure, technology, separation, grinding.

Применение льна для изготовления текстильных изделий весьма привлекательно и перспективно во многом благодаря таким свойствам, как: высокая гигроскопичность, долговечность, гипоаллергенность. Материалы, имеющие в своем составе лен, не накапливают статическое электричество, обладают хорошей терморегуляцией и антисептическим действием. Однако в настоящее время и «по ныне существующим технологиям из всего объема выращиваемой льнотресты полезно используется (в виде волокна) лишь 25-30%» [1].

Учитывая значительное количество отходов первичной переработки льна, целесообразно рассмотреть возможность разработки и создания инновационных нетканых материалов, включающих короткие волокна льна, выделяемые из костры. Своеобразным связующим в этом случае являются, например, химические волокна (мононити), которые при смешивании с коротким льноволокном образуют целостную сплошную среду. Такие смесовые композиции могут быть использованы для изготовления материалов, предназначенных, например, для теплоизоляции верхней одежды, размещаемой между внешним защитным тканевым слоем и подкладкой. Прочность такого текстильного изделия целевого назначения вполне достаточна для длительной эксплуатации т.к. на него практически не воздействуют какие-либо механические нагрузки

Необходимо отметить, получаемая смесь может быть:

- более или менее упругой (в зависимости от соотношения количеств химических и льноволокна);
- иметь невысокий коэффициент теплопроводности (за счет примеси льна);
- воздухопроницаемой в связи с высокой пористостью.

В результате были подготовлены образцы материалов для проведения лабораторных исследований (Таблица 2).

Таблица 1

Состав образцов материалов

Номер образца	Вид образца
1	Льняная пыль
2	Короткое льняное волокно
3	Разволокненные «Шарики» «Холлофайбер ПАФС»
4	Смесь: «Шарики» «Холлофайбер ПАФС» - 50%; короткое льняное волокно - 50%
5	Смесь: «Шарики» «Холлофайбер ПАФС» - 70%; короткое льняное волокно - 30%
6	Смесь: «Шарики» «Холлофайбер ПАФС» - 30%; короткое льняное волокно - 70%
7	Смесь: «Шарики» «Холлофайбер ПАФС» - 90%; короткое льняное волокно - 10%

Изучение микроструктуры полученных образцов проводилось в Институте химии растворов им. Г.А. Крестова РАН при помощи микроскопа Микромед-1, снабженного веб-камерой TOURTEK Photonics FMA050 5.1 MP (желтый фон на цветных снимках веб-камера дает по умолчанию).

Фотографии нескольких образцов частиц льняной пыли, полученные при различном увеличении ($\times 40$, $\times 100$, $\times 400$) представлены на рисунке 1. Необходимо отметить, что «колечки» на некоторых снимках – это капли глицерина, которым смачиваются частицы льна для получения четкого изображения.

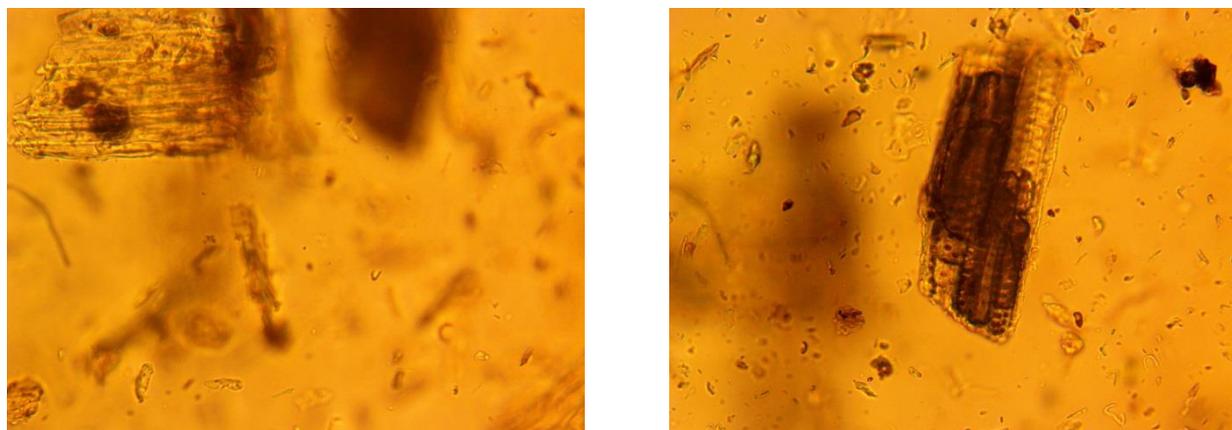


Рисунок 1 – Фотографии частиц измельченной костры с увеличением $\times 400$ (с погружением частиц в каплю глицерина).

Как видно на рисунках, частицы льняной пыли имеют форму неправильных многогранников с явно выраженными углами, а также шероховатую поверхность (Рисунок 2), что способствует эффективному сцеплению измельченной костры с хаотически взаимосвязанными химическими волокнами, например, разволокненными «шариками» «Холлофайбер ПАФС».

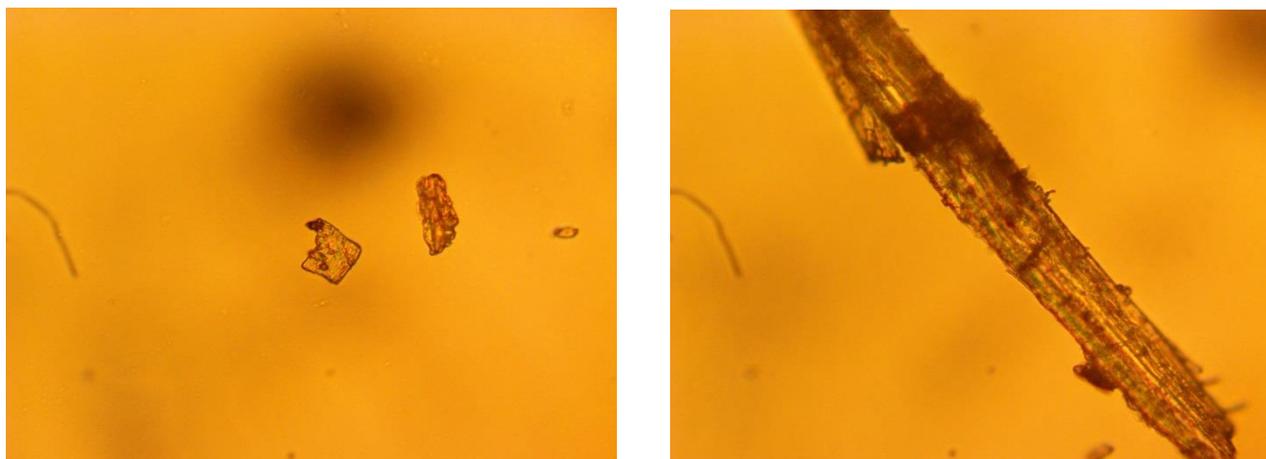


Рисунок 2 – Фотографии формы частиц измельченной костры с увеличением $\times 400$ (с погружением частиц в каплю глицерина).

Фракционный состав и размеры частиц определялись при помощи лазерного дифракционного анализатора размера частиц Analysette 22 Compact двух различных произвольно взятых образцов. Результаты измерений представлены на графиках (Рисунок 3).

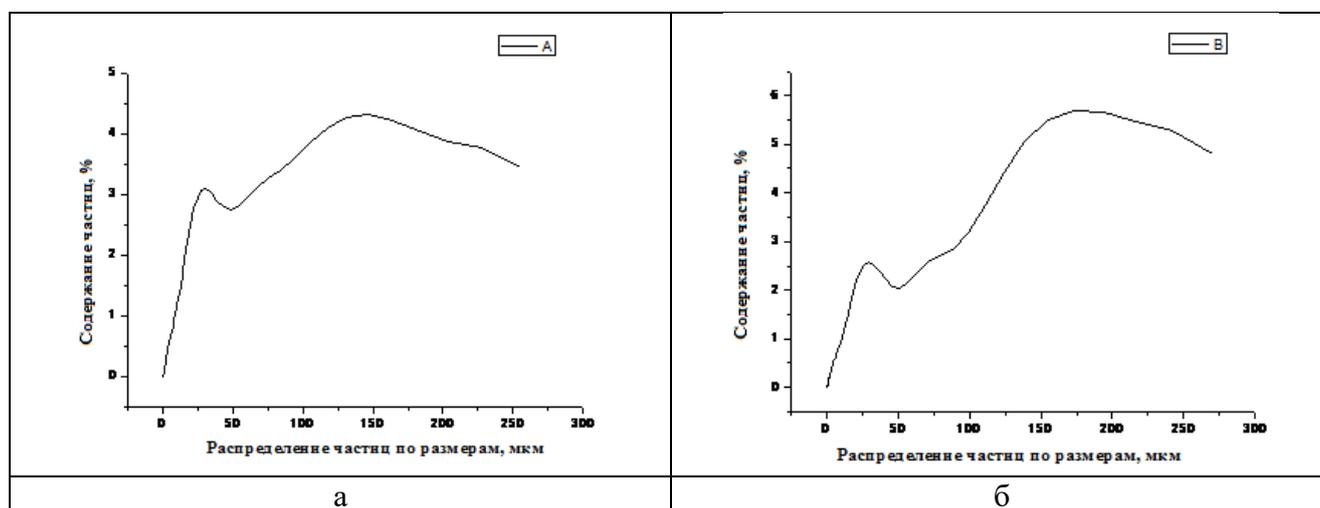


Рисунок 3 - Распределение частиц по размерам: а - средний размер 89,51 мкм диапазон изменения от 0,31 мкм до 300,74 мкм; б - средний размер 104,74 мкм диапазон изменения от 0,31 мкм до 300,74 мкм.

Основываясь на полученных данных, можно констатировать, что частицы измельченной костры прочно удерживаются в межволоконном пространстве, сохраняя свои свойства. Этот аспект особенно важен при создании нетканых «инкубаторов» для выращивания рассады, т.к. внутри синтетического материала сохраняются органические питательные вещества, не вымываемые водой при поливе растений. Кроме того, в дальнейшем при проведении анализа нетканых материалов во взаимодействии с отходами льнопереработки, представляется целесообразным принимать размер измельченных частиц костры равным 97,125 мкм.

В результате изучения смеси коротких волокон льна и разволокненных «Холлофайбер ПАФС» установлено, что независимо от процентного содержания компонентов, смесовые композиции однородны по своему составу и, как следствие, являются изотропными сплошными средами (структура различных смесей дана на рисунках 4-6).



Рисунок 4 – Структура смесовой композиции волокон «Холлофайбер ПАФС» - 25% и короткого льняного волокна - 75% с увеличением $\times 40$.

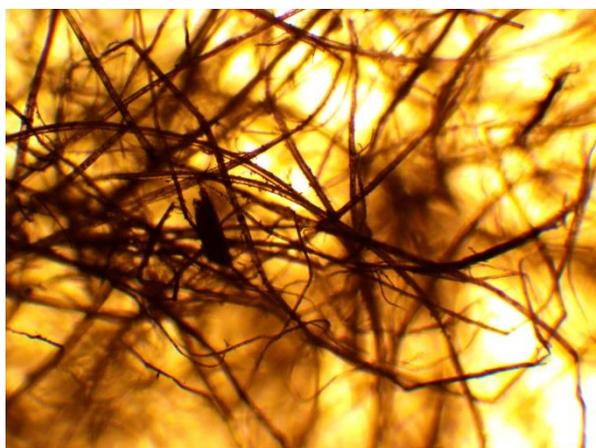


Рисунок 5 – Структура смесовой композиции волокон «Холлофайбер ПАФС» - 50% и короткого льняного волокна - 50% с увеличением $\times 40$.

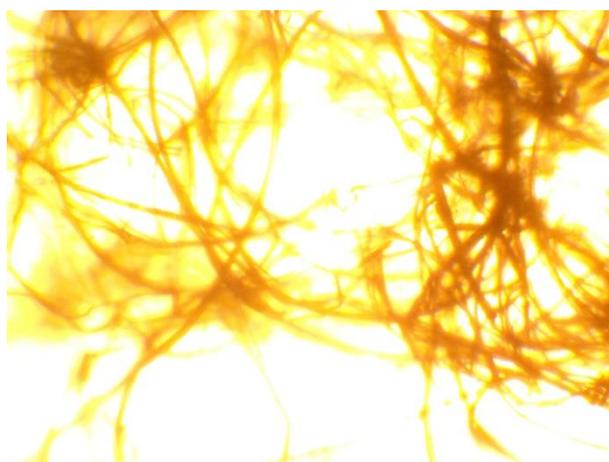
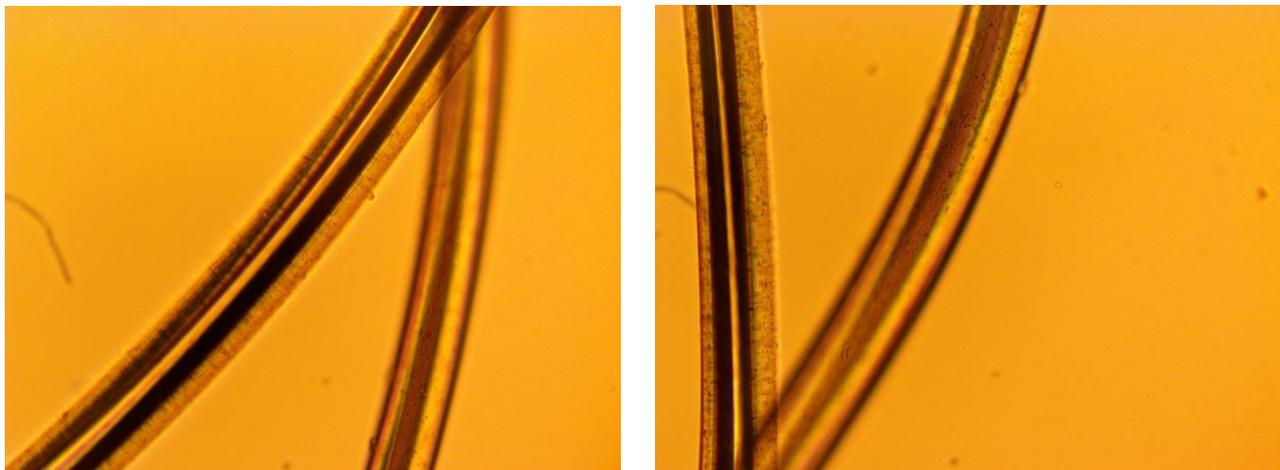


Рисунок 6 – Структура смесовой композиции волокон «Холлофайбер ПАФС» - 75% и короткого льняного волокна - 25% с увеличением $\times 40$.

На снимках, независимо от процентного соотношения компонентов, четко наблюдается взаимозацепление льняных и химических волокон, что позволяет судить о

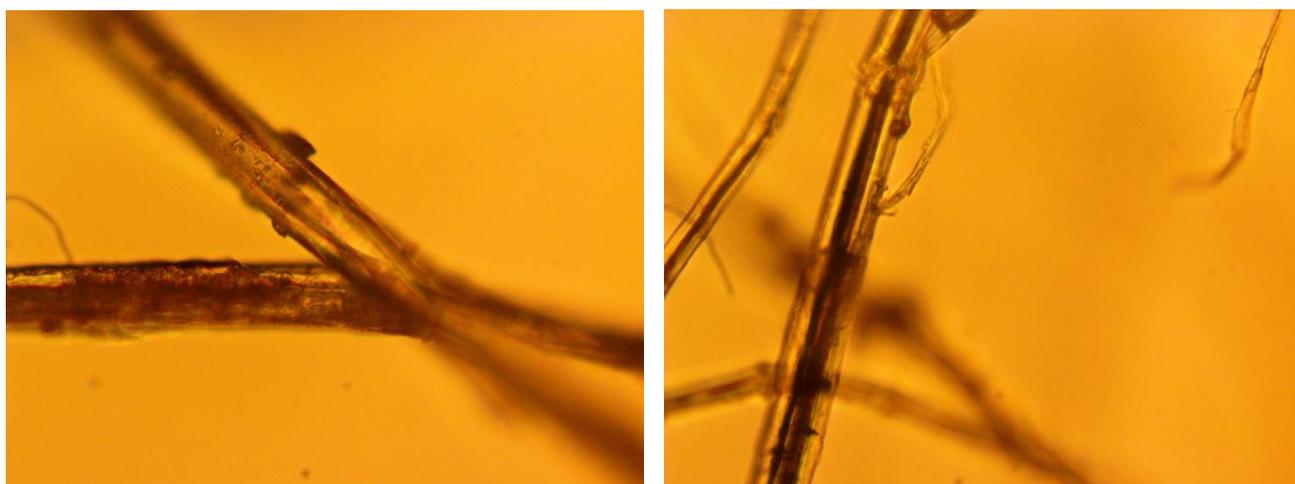
механической прочности полученных материалов. Такой эффект достигается за счет оплетения спутанными тонкими (диаметр 17-20 мкм) и извитыми полыми полиэфирными моноситами (Рисунок 7) более крупных льноволокна (диаметр 300-350 мкм), изображенных на Рисунке 8, которое происходит при разволокнении и дальнейшем перемешивании волокнистого состава в сепараторе. Также большое влияние на целостность исследуемых структур оказывает шероховатость поверхности элементов льняной составляющей.



а

б

Рисунок 7 – Волокна «Холлофайбер ПАФС»: а - с увеличением $\times 400$; б - с увеличением $\times 100$ (с погружением частиц в каплю глицерина).



а

б

Рисунок 8 – Короткие льняные волокна: а - с увеличением $\times 400$; б - с увеличением $\times 400$ (с погружением частиц в каплю глицерина)

Смесовая композиция из разволокненных «Холлофайбер ПАФС» и короткого льняного волокна, получившая название «Нетканый материал «Hollen»», может успешно использоваться в качестве теплоизолирующей прослойки верхней одежды, для наполнения подушек и одеял и т.п. Следует отметить, что сочетание полиэфирных и льняных волокон позволит спальным изделиям обладать преимуществами, которые имеют каждый из указанных компонентов в отдельности (Таблица 3) [2 - 9].

Преимущества наполнения подушек и одеял материалом
«Холлофайбер ПАФС» и льняным волокном

«Холлофайбер ПАФС»:	Лен:
<p>- обладает высокой воздухопроницаемостью, гипоаллергенностью, антистатичностью, лёгкостью и мягкостью;</p> <p>- не впитывает посторонние запахи и не накапливает влагу;</p> <p>- не поддерживает жизнедеятельность паразитов.</p>	<p>- не заводятся микроорганизмы, исключено появление пылевых клещей, не боится моли и гниения;</p> <p>- не вызывает раздражения и оказывает благотворное влияние на организм человека во время сна;</p> <p>- снижает токсичность гамма-лучей и нормализует радиационный фон;</p> <p>- обладает высокой воздухопроницаемостью, гипоаллергенностью, терморегуляцией, антисептическими свойствами;</p> <p>- облегчает боли в суставах и позвоночнике, нормализует сон при остеохондрозе и ревматизме, укрепляет иммунитет.</p>

Технология изготовления нетканого материала «Hollen» предполагает использование принципа центробежного выделения короткого волокна из костры с последующим его смешиванием с химическим волокном.

Принцип создания материала заключается в следующем.

Костра в заданном количестве поступает при помощи транспортера в цилиндрическую приемную камеру сепаратора, которая после этого автоматически закрывается сверху крышкой, снабженной пластиковой сеткой с ячейкой не более 0,2×0,2 мм и патрубком, соединенным с системой пневмотранспорта. Затем включается двигатель сепаратора, вращающий ножи, расположенные в нижней части камеры. Спустя время, необходимое для отделения волокнистой составляющей, двигатель останавливается, крышка приподнимается и при помощи вытяжного вентилятора волокно извлекается из камеры удерживаясь на пластиковой сетке всасываемым воздушным потоком. Следует отметить, что благодаря сетке происходит удаление мелкой льняной пыли из волокнистой массы. Посредством трехпозиционного автоматического регулятора положения, крышка с находящимся на ней волокном перемещается к смесителю (вторая позиция) и плотно прижимается к верхней его части, имеющей такие же геометрические размеры, как и у сепаратора. Вентилятор выключается и льняное волокно под действием силы тяжести попадает в камеру смешения, где уже находятся «шарики» «Холлофайбер ПАФС», загружаемые туда при помощи механического или аэродинамического дозирующего устройства. Перемешивание и разволокнение осуществляется вращающимися ножами в заданном режиме работы смесителя. По окончании процесса, сформированная волокнистая масса, аналогично извлечению из сепаратора, удерживается на сетке крышки всасывающей пневмотранспортной системой и регулятором положения переносится к транспортерной ленте (третья позиция), на которую после отключения вентилятора, укладывается полученная смесь и создается волокнистый холст. Крышка автоматически возвращается на приемную камеру сепаратора (первая позиция) и цикл повторяется.

Дальнейшее скрепление холста может осуществляться иглопробиванием, каландрированием, прошиванием или иными способами изготовления нетканого материала, предназначенного для теплоизоляции одежды.

В случае целевого применения материала «Hollen» для наполнения подушек, объем камеры смешения целесообразно иметь равным объему чехла (наволочки), что позволит оптимизировать процесс получения готового изделия.

Следует отметить, что выделение короткого льняного волокна в сепараторе неразрывно связано с системой переработки твердых частиц костры, оставшихся в приемной камере после пневмоудаления волокнистой массы.

Удаление из сепаратора и транспортирование твердых частиц в измельчитель также осуществляется воздушным потоком. Синхронно с перемещением льноволокна в смеситель автоматически, одновременно с установкой крышки на смесительную камеру, на верхнюю часть приемной камеры сепаратора опускается и плотно прижимается крышка пневмотранспортной системы отходов. После этого включается вращающийся на 360 градусов подвижный патрубок пневмоуборки остатков костры внутри приемной камеры сепаратора.

Твердые частицы костры через систему воздухопроводов направляются в осадочный бункер, в котором вследствие значительного уменьшения скорости движения воздуха наиболее крупные частицы под действием силы тяжести оседают на дне, представляющим собой постоянно движущийся транспортер и далее направляются в фильтр-камеру, где задерживаются тканевыми фильтрами, препятствующими выбросу запыленного воздуха в атмосферу.

Транспортер перемещает костру в камеру измельчителя, который может иметь различное технологическое исполнение: шаровая мельница, устройство с быстро вращающимися ножами и т.п.

Полученные микрочастицы костры, также, как и пыль с поверхности фильтров, далее смешиваются с химическими волокнами (мононитями) для использования в сельском хозяйстве.

Твердые частицы льна из бункера без измельчения могут использоваться для мульчирования почвы, наполнения пористого пространства нетканых материалов для выращивания различных растений и корнеплодов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Электронный ресурс. – Режим доступа: <http://rustm.net/catalog/article/2117.html>
2. Электронный ресурс. – Режим доступа: <https://textiletrend.ru/netkanyie/naturalnyie-nm/napolnitel-iz-lna.html>
3. Электронный ресурс. – Режим доступа: <https://dekoriko.ru/odeyala/lnyanye/>
4. Электронный ресурс. – Режим доступа: <https://academr.ru/zdorove/chto-takoe-polijefirnoe-volokno-v-podushke>
5. Электронный ресурс. – Режим доступа: <https://gidpotkanyam.ru/dlya-postelnogo-belya.html>
6. Электронный ресурс. – Режим доступа: <https://textile.life/home/pillow/chem-nabit-podushku-delaem-svoimi-rukami-v-domashnih-usloviyah-gid-po-vyboru-materiala.html>
7. Электронный ресурс. – Режим доступа: <https://vyboroved.ru/but-i-uyut/1010-luchshie-apolniteli-dlya-podushek.html>
8. Электронный ресурс. – Режим доступа: <https://postelmix.ru/info/nabit-podushku.html>
9. Электронный ресурс. – Режим доступа: <http://fb.ru/article/269257/kakoy-luchshe-napolnitel-dlya-odeyala-vidyi-i-razlichiya>

НОВЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ТЕКСТИЛЬНОЙ ОСНОВЕ

NEW COMPOSITE MATERIALS ON THE TEXTILE BASIS

Г.В. Малышева

G.V. Malysheva

Московский государственный технический университет
имени Н.Э. Баумана

Bauman Moscow State Technical University

E-mail: malyin@mail.ru

Рассмотрены свойства композиционных материалов на основе стеклянных, углеродных и базальтовых тканей с медным покрытием. Показано, какое влияние оказывают теплофизические свойства ткани на процесс нагрева и отверждения композитов. Разработаны математические модели и проведена оптимизация режима отверждения.

Ключевые слова: металлическое покрытие; углеродная, стеклянная и базальтовая ткань; вакуумная инфузия; моделирование.

The properties of composite materials based on glass, carbon and basalt fabrics with metal coatings are considered. There are shown what influence the thermophysical properties of fabric have on the process of heating and curing of composites. Mathematical models have been developed and curing conditions have been optimized.

Key words: metal coating; carbon, glass and basalt fabric; vacuum infusion; modeling.

Композиционные материалы на основе волокнистых наполнителей и терморезистивных матриц нашли широчайшее применение в качестве основных конструктивных материалов в самых различных отраслях промышленности [1]. В качестве наполнителей, чаще всего, используются стеклянные, углеродные и базальтовые ткани, а в качестве связующих наибольшее распространение получили эпоксидные материалы [2].

Для модификации свойств тканей все более широкое распространение получают технологии металлизации [3], что позволяет расширить диапазон теплофизических свойств тканей. Авторы работ рассмотрели возможности использования углеродных лент с металлическими покрытиями и показали их эффективность [4], однако еще более существенное влияния металлические покрытия оказывают на свойства стеклянных и базальтовых тканей.

Целью работы является теоретическое и экспериментальное исследование влияния металлического покрытия на технологию изготовления стекло- и базальтопластика и оценка их теплофизических свойств.

В качестве объектов в работе использованы стеклянные, углеродные и базальтовые ткани, на которые наносили медное покрытие методом магнетронного распыления. В качестве связующего, при изготовлении углепластиков, использовался состав из эпоксидиановой смолы ЭД-20, изометилтетрагидрофталевого ангидрида и диэтиленгликоля. Формование образцов углепластиков проводили по технологии вакуумной инфузии [1].

Теплофизические свойства композитов определяли методом ДСК, изменение теплопроводности оценивали методом лазерной вспышки. Полноту отверждения оценивали по значениям энергии активации. Моделирование температурных полей по объему композиционного материала проводили в программе ESI PAM-RTM.

В результате проведенных исследований установлено, что теплопроводность композитов после нанесения на поверхность армирующего наполнителя медного покрытия повышается и составляет 2,8 Вт/м·К для углепластика, 1,8 Вт/м·К для стеклопластика и 2,1 Вт/м·К для базальтопластика. Аналогичные характеристики композитов при использовании

этих же армирующих материалов без медного покрытия в 2-2,5 раза ниже. Чем выше значения теплопроводности, тем с большей скоростью возможно проводить нагрев в процессе отверждения без потери качества.

Однако, основным преимуществом композитов, изготовленных с использованием армирующих материалов с металлическим покрытием, является более высокие скорости отверждения, что позволяет сократить продолжительность процесса отверждения. Все расчеты проводили на образцах, размером 50x50x50 мм. При моделировании процесса отверждения использовались следующие режимы: начальная температура: 25 °С, подъем температуры до 200 °С со скоростью нагрева 2, 3, 5 °С/мин, выдержка в течение 3 ч и охлаждение.

При малых скоростях нагрева (2 °С/мин), в начальный момент времени, значение температуры внутри всех исследованных типов композитов ниже, чем на его поверхности. Постепенно, в процессе протекания экзотермической реакции, температура внутри образца повышается и становится выше, чем на поверхности. Использование армирующих наполнителей с медным покрытием приводит к уменьшению градиентов температур по толщине образца и в этом случае, влияние экзотермической реакции на величину градиентов температур снижается. При больших скоростях нагрева (5 °С/мин) разница в температурах на поверхности и внутри еще больше увеличивается также только в начале процесса нагрева. Чем выше скорость нагрева, тем интенсивнее протекают процессы выделения тепла и более высокие значения теплопроводности металлизированных тканей приводят к снижению значений градиентов температур в большей степени, чем при малых скоростях нагрева.

Степени отверждения образцов композитов на поверхности и внутри также существенно отличаются. При малых скоростях нагрева они ниже внутри образцов, чем на поверхности. Использование тканей с металлическим покрытием приводит к тому, что температурное поле по объему композитов становится существенно более равномерным и как следствие, степень отверждения по объему также распределяется равномернее.

Сравнение трех типов использованных тканей показало, что в наибольшей степени металлизация эффективна при использовании стеклянных и базальтовых тканей, которые в отличие от углеродной, имеют очень низкие исходные (до металлизации) теплофизические характеристики. Для гибридных тканей, например, состоящих из углеродных и органических волокон, использование металлизации будет еще более эффективным, поскольку это позволит сделать равномерным кинетику процессов нагрева и отверждения.

Металлизация будет оказывать положительное влияние на нетканые материалы (типа Сорик), приводя к повышению их теплофизических свойств более чем в 3 раза, что также позволяет увеличить скорость процесса нагрева и приводит к созданию равномерных температурных полей при отверждении.

Качество изготовленных композитов оценивалось путем определения их пористости. Установлено, что при использовании больших скоростей нагрева, наличие металлического покрытия приводит к снижению пористости более чем на 50%. Однако, по мере снижения скорости процесса нагрева, влияние металлизации на величину пористости уменьшается и составляет около 3% при скоростях нагрева (2 °С/мин),

Металлические покрытия на стеклянных, углеродных и базальтовых тканях приводят к повышению их теплопроводности в 2-2,5 раза, что позволяет выровнять значения градиентов температур, независимо от кинетики процесса нагрева. Расчет степени отверждения по объему композитов также показал положительное влияние металлических покрытий.

Результаты настоящей работы получены в рамках проекта по теме «Научные исследования по разработке композиционных материалов со структурой управляемого хаоса и их применение в высокотехнологичном производстве» по заданию № 11.7291.2017/БЧ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баурова Н.И., Зорин В.А. Применение полимерных композиционных материалов при производстве и ремонте машин / Учебное пособие. М. МАДИ, 2016. – 264 с.
2. Петрова А.П., Малышева Г.В. Клеи, клеевые связующие и клеевые препреги: учебное пособие / под общ. ред. Е.Н. Каблова. – М.: ВИАМ. 2017. – 472 с.
3. Горберг Б.Л., Иванов А.А., Мамонтов О.В., Стегнин В.А., Титов В.А. Модифицирование текстильных материалов нанесением нанопокровтий методом магнетронного ионно-плазменного распыления // Российский химический журнал, 2011, Т.LV, №3, С.7-13.
4. Нелюб В.А. Свойства углеродных лент с металлическими покрытиями // Композиты и наноструктуры. 2019. Т.11. №1 (41). С.23-27.

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕРМОСТОЙКИЕ ОГНЕБИОЗАЩИЩЕННЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ТКАНИ И НЕТКАНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

INNOVATIVE HEAT RESISTANT FIREBIOPROTECTED TECHNICAL FABRICS AND NONWOVEN MATERIALS

Э.А. Коломейцева¹, А.П. Морыганов²
E.A. Kolomeytseva¹, A.P. Moryganov²

¹ООО «Апотекс», (г. Иваново)

² Институт химии растворов имени Г.А. Крестова Российской академии наук, (г. Иваново)

¹Limited Company "Apotex", (Ivanovo)

²G.A. Krestov Institute of solution chemistry of the Russian Academy of Sciences, (Ivanovo)

E-mail: apotex@bk.ru, apm@isc-ras.ru

Представлены результаты испытаний новых модификаций препаратов Тезагран для огне-, термостойкой и огнебиозащитной отделки технических тканей, нетканых материалов и объемных утеплителей из натуральных волокон (хлопок, лен, конопля) и смесей их с синтетическими. Показано, что как сами препараты, так и обработанные ими текстильные материалы экологически безопасны (даже при воздействии тепловых потоков и открытого пламени); при этом стоимость препаратов сравнительно невысока, а придаваемые техническому текстилю защитные свойства значительно превосходят нормативные показатели.

Ключевые слова: технический текстиль; препараты Тезагран; огне-, термо- и биостойкость; объемные утеплители.

The results testing of new versions preparations of Tezagran for fireproof, heat resistant and firebioprotected finishing of technical fabrics, nonwoven materials and bulk insulation made of natural fibers (cotton, flax, hemp) and their mixes with synthetic were presented. It is shown that both the preparations and textile materials processed by them are environmentally safe (even under the influence of heat flows and open flames); the cost of the preparations is relatively low, and the protective properties given to technical textiles significantly exceed the normative indicators.

Keywords: technical textiles; Tezagran preparations; fire, heat and biological resistance; bulk insulation.

Производство технического текстиля – динамично развивающаяся отрасль текстильной промышленности, выпускающая ткани для специальной защитной одежды, нетканые полотна различного сырьевого состава и назначения, композитные материалы. К современным техническим материалам предъявляется ряд специальных требований в связи с применением их в жестких, иногда экстремальных условиях. Особое значение в настоящее время приобретают текстильные материалы, ткани, нетканые полотна с многофункциональными свойствами, в которых объединены несколько необходимых для потребителя функций, таких как термостойкость, огнезащитность, биоцидность, гряземаслоотталкивание.

Насчитывается большое количество производств, где необходимы средства защиты работающих (спецкостюмы, головные уборы) от высоких температур, теплового излучения, искр, брызг расплавленного металла, конвективного тепла, а также от внешних загрязнений. К их числу относятся черная и цветная металлургия, горячие цеха химической промышленности, подразделения газовой, нефтяной, нефтехимической промышленности, строительство и т.д. Вследствие этого наибольший объем востребованных технических тканей для спецодежды – ткани с высокими свойствами огнетермостойкости.

На рынке огнезащитных и термостойких тканей преобладают ткани на основе термостойких волокон в, основном, арамидных, зарубежного производства. Однако,

проведенные в последнее время нами совместно с лабораторией ИГМА токсикологические испытания показали, что существует экологическая опасность эксплуатации изделий из данного вида волокон для человека и окружающей среды. Их применение также небезопасно в связи с длительным сроком утилизации и выделением при этом весьма вредных химических соединений. Недостатком использования арамидных термостойких тканей является также их высокая стоимость при низкой стойкости к открытому пламени.

Выпускаются также ткани для спецодежды, выработанные из натуральных волокон (хлопок, лен, шерсть) и их смесей с синтетическими волокнами, подвергнутые отделке специальными препаратами. Получают такие ткани зачастую с использованием импортных препаратов. Эти препараты и их выпускные формы довольно дороги и не всегда обеспечивают соответствие обработанных ими тканей всему комплексу специальных и гигиенических требований, в частности, по содержанию галогенов, формальдегида и других экологически опасных составляющих. Так, известный антипирен-замедлитель горения, лежащий в основе способа Пробан - хлорид тетрагидроксиметил фосфония - отличается высокой токсичностью продуктов пиролиза. Широко используемые для изготовления спецодежды сварщиков огнезащищенные льняные и полульняные ткани, относящиеся к группе брезентов, вырабатываются, как правило, из низкономерного засоренного волокна; недостатками такой спецодежды являются жесткий гриф, малая драпируемость, повышенная масса (поверхностная плотность брезентов составляет 500 г/м^2 и более, а вес костюма сварщика с накладками может достигать 8 – 10 кг). Несмотря на большую массу, термостойкость таких тканей выпускаемых на многих предприятиях, не превышает 20-30 секунд.

С учетом актуальности и высокой практической значимости направления по разработке высокоэффективных отечественных антипиренов и огнезащищенных текстильных материалов Институтом химии растворов РАН совместно с ООО «Апотекс» проведены исследования, направленные на создание новых композиционных бесформальдегидных заменителей горения для волокнистых полимерных материалов как альтернативы импортным экологически опасным галоген - и формальдегидсодержащим антипиренам [1]. Разработанные препараты сертифицированы, защищены патентами РФ и выпускаются ООО «Апотекс». Этими антипиренами и комплексными препаратами на их основе обеспечиваются предприятия Ивановской, Владимирской, Нижегородской и других областей.

Позднее, в 2013-2018 г.г., были разработаны технологии изготовления инновационных нетканых материалов с улучшенными показателями огнетермостойкости, тканей из натуральных волокон (в том числе, низкоmaterialeмких льносодержащих [2]) с высокими показателями огнетермостойкости и масловодоотталкивания для обеспечения защиты работающих в различных отраслях промышленности, огне-биозащищенного лубяного волокна (льняного, конопляного) для производства экологически безопасных объемных утеплителей.

Созданные антипирирующие составы Тезагран являются композиционными, изменяя соотношение компонентов в которых можно получать препараты разной направленности. Такой многокомпонентный состав замедлителей горения предпочтительнее, т. к. процессы пиролиза проходят в несколько стадий, и подбор компонентов позволяет воздействовать на разные стадии этих процессов в нужном направлении. Кроме того, при использовании определенных сочетаний компонентов наблюдается проявление эффекта синергизма, когда добавление небольших количеств, например, кремнийорганических или четвертичных аммониевых соединений приводит к значительному повышению эффекта огнезащищенности, а также к приданию свойств либо водоотталкивания, либо биоцидности. Такая многофункциональность составов позволяет получать текстильные материалы с комплексом необходимых свойств по экономичной ресурсосберегающей технологии. Замедлители горения Тезагран обеспечивают одновременно высокую эффективность термостойкости и огнезащищенности текстильных материалов различной природы:

кислородный индекс 37-45%, стойкость к прожиганию технических льняных тканей до 850 с, технических хлопчатобумажных тканей – 350 с., (при температуре 800° С) полное отсутствие остаточного тления и отсутствие деструкции волокна при обработке, экологическую безопасность – нетоксичность как самих антипиренов, так и отсутствие ядовитых газообразных выделений при воздействии тепловых потоков и открытого пламени. При этом стоимость их сравнительно невелика.

В производственных условиях были изготовлены трудногорючие низкоmaterialeмкие хлопчатобумажные ткани для спецодежды сварщиков, металлургов с улучшенными свойствами огнестойкости. Отделка проводилась по экономичной энергосберегающей технологии с использованием разработанного нами инновационного препарата Термотекс, выпускаемого ООО «Апотекс» в последнее время. Полученные данные представлены в табл.1.

Таблица 1

Показатели огнестойкости и физико-механических свойств хлопчатобумажных технических тканей различных структур и вариантов обработки.

№	Вид ткани, структура	Кислород-ный индекс, %	Стойкость к прожиганию, с	Разрывная нагрузка, Н		Раздирающая нагрузка, Н		Стойкость к истиранию, циклы
				Осно-ва	уток	основа	уток	
1	Ткань саржевого переплетения огнестойкая	34,5	215	568	545	45	42	5667
2	Ткань саржевого огнестойкая с отделкой МВО	36,8	227	575	554	46	43	5690
3	Ткань саржевого переплетения огнестойкая с усиленной отделкой МВО	39,4	350	581	560	49	45	5699
4	Ткань саржевого переплетения необработанная	15,8	0	592	575	51	48	5532
5	Ткань полотняного переплетения огнестойкая	35,4	186	550	565	46	48	5895
6	Ткань полотняного переплетения огнестойкая с отделкой МВО	35,5	180	555	541	46	39	6591
7	Ткань полотняного переплетения огнестойкая с усиленной отделкой МВО	38,0	246	561	558	48	48	5913
8	Ткань полотняного переплетения, необработанная	15,0	0	574	580	47	51	5860

Норматив, согласно ГОСТ	Не менее 28	Не менее 50			-	-	-
-------------------------	-------------	-------------	--	--	---	---	---

*Состав ткани – 100% хлопок, отделка комплексными составами на основе антипирена Термотекс.

Основные качественные показатели специальных защитных свойств значительно превышают требования соответствующей нормативной документации. Оценка сравнительной эффективности показателей разработанных материалов и импортных тканей различных фирм из арамидных волокон показала значительные преимущества первых, особенно по показателям термостойкости: устойчивость к прожиганию при температуре 800°C составляет для них 150-300с., тогда как у аналогичных тканей с отделкой Пробан – 25-30 сек.. Весьма важный показатель для спецодежды – износоустойчивость, характеризующаяся двумя основными показателями – разрывная и раздирающая нагрузки. Анализируя полученные прочностные характеристики, можно отметить достаточно высокие их значения: так, разрывные нагрузки находятся в пределах 540-590 Н, раздирающие 43 - 49 Н. При этом требования, установленные для БОП полутяжелой категории, составляют, соответственно, не менее 500 Н и 40 Н, устойчивость к истиранию - не менее 5000 циклов.

Технические текстильные и композиционные материалы на основе натуральных целлюлозных волокон (хлопок, лен, конопля) обладают значительными преимуществами перед материалами из химических, синтетических волокон как в производстве, так и при последующей утилизации. Они экологически безопасны, зачастую имеют меньший вес при достаточно высокой прочности, экономичнее и доступнее в условиях Российской Федерации. Лубяные волокна обладают рядом полезных потребительских свойств. Так, например, льняное волокно имеет высокую способность к звукопоглощению, что весьма актуально для технических материалов, используемых в транспортном машиностроении, строительной индустрии; у конопляного волокна выше, чем у остальных полимерных субстратов, показатель биостойкости. Однако натуральные волокна и изделия из них относятся к числу горючих, их свойства и структура создают условия для быстрой воспламеняемости и распространения пламени. Кроме того, термостойкость таких полимерных материалов, то есть устойчивость к воздействию интенсивных конвекционных потоков и высоких температур, невысока.

В связи с изложенным, весьма важным направлением является получение текстильных материалов из целлюлозных волокон с одновременными свойствами огнезащитности и устойчивости к биодеструкции. Многие существующие биоцидные препараты не всегда достаточно эффективны и весьма опасны для человека, поскольку в их состав входят токсичные соединения хрома, мышьяка, хлора, фосфины, формальдегид и др. Поэтому в проводимых исследованиях решались вопросы разработки композиционных систем, обладающих предельно низкой токсичностью с широким спектром действия, позволяющих придать биоцидные свойства целлюлозосодержащим текстильным материалам с одновременной огнезащитой.

Эффективные препараты такого ряда разработаны для нетканых материалов, производство которых увеличивается в настоящее время высокими темпами. Используются нетканые материалы при пошиве спецодежды, в транспортном машиностроении, в качестве основы для линолеумов, при изоляции трубопроводов и т.д. Весьма важное направление – выпуск объемных и высокообъемных материалов толщиной до 150 мм, используемых в строительной индустрии, ориентировочная потребность которых к 2020 году оценивается в 415 млн.м². В состав таких экологически безопасных материалов могут входить льняные комплексные волокна, а также смеси их с полиэфирным или полипропиленовым.

ООО «Апотекс» совместно с рядом других предприятий способен производить льносодержащий нетканый материал с высокими огнебиозащитными свойствами, который могут использовать для изготовления пожаробезопасных биостойких (подавляющих

действие плесневых грибов и болезнетворных бактерий) чехлов на матрасы и мягкую мебель. Эти изделия предназначаются для обеспечения комплексной безопасности пассажирских вагонов железнодорожного транспорта, а также в социальной сфере (дома престарелых, больницы, учреждения УФСИН). Поставленная задача тем более важна, что ныне применяемые нетканые материалы в железнодорожном транспорте при высокой их стоимости не обеспечивают как требуемые показатели огнестойкости, так и биоцидности.

Еще один вариант использования биозащищенного льняного волокна - производство нетканого полотна типа «Фиброфлекс» (на основе которого изготавливают формопрессованные детали для обивок крыши автомобиля модели 2111-5702011-20 по рецепту 57-11НТ-2-11-3). В условиях производственных испытаний на ОАО «Балаковорезинотехника» (г. Балаково, Саратовской обл.) отмечена технологичность волокна, отсутствие признаков его поражения плесневыми грибами после испытаний биозащищенности и соответствие технических показателей требованиям нормативной документации. Специалистами БРТ рекомендовано закупать биозащищенное льноволокно для массового производства.

В настоящее время утеплители, применяемые в строительной отрасли Российской Федерации, выпускаются на основе стекловолокна, минеральных волокон, полистирола и др. Однако, при проведении строительных работ с их использованием наблюдается ряд недостатков: значительное пыление минеральных волокон вследствие их структурной неоднородности и хрупкости, загрязнение окружающей среды; наличие связующего (в основном, фенолформальдегидных смол). Это приводит к значительному снижению их пожарной безопасности, ухудшению экологичности. Например, получивший широкое распространение в качестве утеплителя пенопласт (вспененные гранулы полистирола) обладает очень низкой пожароустойчивостью и термостойкостью. В связи с отмеченными принципиальными недостатками в Евросоюзе и США применение такого утеплителя запрещено.

Альтернативой могут быть объемные утеплители, не обладающие указанными недостатками и изготовленные на основе отечественного ежегодно возобновляемого лубяного сырья, о необходимости использования которого неоднократно отмечалось на самом высоком уровне.

Как уже было сказано, важнейшими характеристиками, определяющими эксплуатационные и потребительские свойства утеплителя, являются его огнезащищенность, пожаробезопасность и биоцидность (т.е. устойчивость к воздействию плесневых грибов и бактерий). Для придания таких свойств нами, с использованием мультифункциональных препаратов серии Тезагран, был проведен подбор оптимальных композиционных составов, позволяющих придать лубяному волокну и смескам его с другими волокнами специальные защитные свойства [3].

Льняное или конопляное волокно обрабатывалось по 2-м вариантам:

- обработка сухого волокна водным раствором препарата концентрации 120-140 г/л (вариант пропитки) или 300 - 330 г/л (аэрозольный вариант): в первом случае количество нанесенного раствора составляет 80-85 %, во втором – 15-19%;

- сушка волокна до влагосодержания 10-12 %, при этом количество нанесенного препарата по сухому веществу составляет 8-12 % от общей массы волокна; эта величина значительно меньше необходимого количества ныне применяемых антипиренов и биоцидов, а получаемая эффективность выше.

Полученные данные приведены в табл.2.

Таблица 2

Основные показатели свойств огнебиозащищенности льноволокна, обработанного по различным технологическим вариантам

Способ обработки волокна	Кислородный индекс, %	Степень повреждения образца по массе, %	Коэффициент дымообразования (Dm), м ² /кг	Биоцидность, баллы	Коэффициент биоустойчивости, %
Аэрозольный (нанесение раствора – 15-19 %) Льноволокно	31,5	19,7	131,70	1-2	92
льноволокно + 20%ПЭФ	30,7	17,5	135,0	1-2	93
Жидкостной (модуль пропитки М=6)	38,0	8,5	115,43	0-1	96
Норматив	Не менее 28	Не более 20% для группы горючести Г1	Не более 500 (умеренная дымообразующая способность)	Не более 3	Не менее 85

В результате проведения испытаний на биоцидность по методу агаровых пластин установлено эффективное подавление роста и развития тестовых культур. Показатели огнезащищенности – кислородный индекс, степень повреждения образца по массе при пиролизе также находятся на достаточно высоком уровне.

Проведены испытания и оценка свойств огнебиозащищенного утеплителя, полученного с использованием оптимизированного состава препарата Тезагран-Био, в сравнении со свойствами аналога, обработанного раствором на основе импортных препаратов (табл.3). Установлено, что качественные показатели изготовленного по предлагаемой технологии льняного утеплителя превышают соответствующие показатели утеплителя сравнения.

Таблица 3

Основные показатели свойств огнебиозащищенного льняного утеплителя, полученного в производственных условиях с использованием препарата Тезагран-Био-Н

Показатели свойств утеплителя	На основе льноволокна	На основе льноволокна с добавлением 20% полиэфирного волокна	Образец сравнения - утеплитель, обработанный импортным препаратом *
Кислородный индекс, %	30,8	31,0	27,5
Степень повреждения образца по массе, %	12,8	11,5	19,7
Коэффициент дымообразования (Dm) м ² /г	140,8	136,0	296,0

Коэффициент биостойчивости, %	92	93	93
Группа горючести	Г1	Г1	Г2

* – в случае использования этой смеси снижаются прочностные показатели льняного волокна.

На основании полученных данных можно сделать вывод о возможности применения ресурсосберегающего аэрозольного способа нанесения раствора комплексного препарата Тезагран в количестве не менее 8 - 9 % (по сухому веществу) для получения достаточно высоких показателей огнебиозащищенности льноволокна или смесей его с полиэфирным волокном и технических материалов на их основе.

С использованием полученного в производственных условиях в Ивановской области льноволокна с высокими свойствами огнебиозащиты в Германии на опытной базе фирмы «Трючлер» был изготовлен утеплитель толщиной 20 см и объемной плотностью 40 кг/м³ со следующими свойствами: кислородный индекс 35,7% (норматив – не менее 28%), группа токсичности 46,2 г/м³ (норматив – 40-120), коэффициент теплопроводности 0,034 Вт/(м × К).

Другой перспективный вид волокнистого сырья для изготовления утеплителей – безнаркотическое конопляное волокно. В ряде стран Евросоюза природные экологические утеплители из конопли с 1999г. успешно применяются для тепло- и звукоизоляции стен, крыш и перекрытий жилых и общественных зданий. До 1990 года в нашей стране техническая конопля занимала до 10% сельхозплощадей и приносила растениеводческой отрасли значительный доход. В годы перестройки эта культура попала в опалу: с ней начали активную борьбу, которая привела к практически полному ее исчезновению. Сегодня конопля переживает второе рождение, однако пока объемы ее производства невелики.

В настоящее время ООО «Апотекс» и ИХР РАН совместно с ООО «Экотекстиль» (г.Иваново) проводит работы по получению и выпуску в промышленных масштабах объемного утеплителя на основе сравнительно недорогого экологически безопасного конопляного волокна. В рамках этой работы применительно к условиям конкретного производства проведена оптимизация композиционного водного состава на базе препарата Тезагран-Био, придающего огнебиозащитные свойства конопляному волокну, и разработаны технологические схемы, позволяющие организовать ресурсосберегающий малозатратный процесс получения конкурентноспособного продукта – объемного утеплителя.

Таблица 4

Качественные показатели обработанного конопляного волокна и смесок

Состав волокнистых смесок*	Качественные показатели			
	Кислородный индекс, %	Потеря массы, %	Относительный коэффициент биостойкости, %	Термостойкость, сек при t 400°C
Конопляное волокно + лен	38,5	9,6	98	550
Конопляное волокно + ПЭФ	36,2	13,4	97	460
Конопляное волокно + арамид	41,0	7,8	96	790
Конопляное волокно	39,7	7,1	99	640
Норматив	Не менее 28	Не более 20	Не менее 85	-

* Количество введенного в смеску второго компонента – 25%.

Данные, представленные в табл.4, показывают, что использование конопляного волокна может быть весьма эффективно при изготовлении строительных объемных утеплителей. Основные показатели огнезащитных, биоцидных и термостойких свойств различных смесок на основе конопляного волокна, обработанных предлагаемым антипиреном, значительно превышают соответствующие нормативы. Таким образом, с использованием разработанных экологически безопасных высокоэффективных композиционных препаратов можно получать также экологически безопасные огнебиозащищенные утеплители на основе отечественного природного волокнистого сырья - лубяных волокон.

ЛИТЕРАТУРА

1. Коломейцева Э.А., Сачков О.В., Сиротов Н.Г., Морыганов А.П. Разработка и применение новых препаратов для огнезащитной и полифункциональной отделки технических тканей // Текстильная промышленность. Научный альманах. - 2007. №8. - С.22-24.
2. 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.
3. Коломейцева Э.А., Родионов К.В., Морыганов А.П. Новая технология получения экологически безопасных объемных утеплителей с улучшенными огне-термо-биозащитными свойствами //Современные пожаробезопасные материалы и технологии. Сб. материалов II Международной научно- практической конференции, 19 сентября 2018 г. – Иваново: ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия государственной противопожарной службы МЧС России», 2018, ч.1, с.294-298.

ИННОВАЦИОННЫЕ РАЗРАБОТКИ В ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РОССИИ

INNOVATION DEVELOPMENTS IN TEXTILE INDUSTRY OF RUSSIA

Е.П. Лаврентьева

E.P. Lavrentyeva

ОАО «Инновационный научно-производственный центр
текстильной и легкой промышленности», (Москва)
JSC “Innovative research and production center for textile and light industry”, (Moscow)
E-mail: e.lavrentyeva@inpctlp.ru

В данной статье представлены инновационные разработки Центра в области текстиля для защитной одежды, текстиля для спорта и медицинского текстиля.

Ключевые слова: спецодежда; заключительная отделка; технический текстиль; текстиль для спорта; текстиль для медицины; текстиль для защитной одежды.

The following articles presents innovations of the Centre in the field of textiles for protective clothing, sports textiles and textiles for medicine.

Key words: working clothes; final finishing; technical textile; sports textiles; textiles for medicine; textiles for protective clothing.

Текстильная промышленность является ключевой отраслью во многих, в том числе экономически развитых странах мира. Она играет доминирующую роль в экономике этих стран, так как ее продукция – это товары широкого потребления, удовлетворяющие одну из основных потребностей людей – потребность в одежде.

Потребление текстильных материалов в мире имеет устойчивую тенденцию роста. Этот рост связан с двумя факторами – ростом численности населения и увеличением уровня потребления текстиля на душу населения. Качество и назначение готовых текстильных материалов в основном формируется за счет используемого сырья и химико-технологических процессов в отделочном производстве, при этом специальной и заключительной отделке принадлежит чрезвычайно важная роль.

Условия жизни современного человека, создающие для большинства людей дефицит времени, диктуют новые требования к изделиям из текстиля и, прежде всего, к одежде, а именно, комфорт и минимальный по времени уход за ней.

К требованиям комфортности относятся: гигроскопичность, драпируемость, формоустойчивость, пониженная загрязняемость, легкое отстирывание, легкое глажение до и после стирки, водо-, маслоотталкивающие эффекты и др.

Бурное развитие полимерной химии в последние десятилетия привели к созданию новых материалов с уникальными свойствами, используемых в различных отраслях народного хозяйства и в производстве нового поколения текстиля. Передовым рубежом новых текстильно-вспомогательных веществ является область использования нанотехнологий, нанесение полимерных покрытий, ламинирование материалов, использование мембран и т.д.

Решая проблемы инновационного развития текстильной промышленности, ОАО «ИНПЦ ТЛП», далее Центр, значительное внимание уделяет созданию новых текстильных материалов с комплексом различных функциональных характеристик, которые обладают уникальными свойствами, как потребительскими: гигроскопичность, воздухопроницаемость, износостойкость, так и специальными, а именно: защитными, бактериостатическими, водоотталкивающими, антистатическими, кислотозащитными и др. свойствами.

За последние три года разработаны материалы и технологии по следующим основным блокам: текстиль для защитной одежды, для спорта и медицинский текстиль, описанные ниже.

Новые материалы с защитными свойствами от повышенных температур на основе метода поверхностной модификации полимерных тканей

Патент РФ № 2666098

Разработан новый инновационный ассортимент импортозамещающих полиэфирсодержащих тканей, предназначенный для защиты от воздействия повышенных температур при использовании в качестве накладок в спецодежде персонала топливно-энергетического комплекса. Ткани обладают высокой степенью защиты от негативных производственных факторов, обусловленных вредными и опасными условиями труда, работой в зоне повышенных температур и других экстремальных условиях, имеют 3-ий класс защиты.

Преимущества:

- Огнестойкость (ГОСТ Р 12.4.200 – 10 сек) первоначальная и после 5 стирок: (остаточное горение, сек – 0, остаточное тление, сек. – 0, образование дыр, мм – нет)
- Маслоотталкивание, балл: (первоначальное – 5, после 5 стирок – 4)
- Нефтеотталкивание, балл: (первоначальное – 5, после 5 стирок – 5)
- Водоупорность, мм вод. ст.: первоначальная – 1331, после 5 стирок – 571
- Разрывная нагрузка, Н: основа – 1134, уток – 728
- Истирание, циклы – 10 000
- Удельное электрическое сопротивление, Ом – $6,7 \times 10^4$
- Паропроницаемость, г/м²·ч – 7,2

Хлопчатобумажная ткань технического назначения с комплексом защитных свойств от агрессивных сред и нефтепродуктов

Патент РФ № 2010143281

Кислотозащитные свойства – это комплекс свойств, обеспечивающих защиту пользователя от воздействия кислот.

Кислотонепроницаемость материала – способность материала в течение определенного времени удерживать на поверхности капли растворов кислот, не впитывая их.

Ткани с кислотозащитной отделкой не должны разрушаться, впитывать и пропускать кислоту на изнаночную сторону, их кислотонепроницаемость должна быть не меньше 6 часов (капельный метод).

Изделия из новой ткани обеспечивают безопасность условий труда, сохраняют работоспособность человека в течение всего рабочего времени, защищая одновременно от комплекса вредных воздействий в условиях промышленных производств, и отвечают требованиям экологического стандарта ЭКОТЕКС 100.

Ткань обеспечивает следующие специальные свойства:

- кислотонепроницаемость (60%- я серная кислота) более 24 часов (по ГОСТ Р 12.4.248-2008, п.5.2.3 не менее 6 часов);
 - потеря прочности от воздействия нефтепродукта, %: основа – 3,9; уток – 2,0;
 - разрывная нагрузка 900 – 1000 Н;
 - раздирающая нагрузка 42-45 Н;
 - стойкость к истиранию по плоскости – 2 500 - 2 700 циклов.
- Новая ткань обладает хорошими гигиеническими свойствами:
- воздухопроницаемость – 120 дм³/м²;
 - гигроскопичность ткани – 18,3 %.

Текстильные материалы с защитными свойствами от УФ-излучения

Разработанная ткань с защитой от УФ-излучения обеспечивает снижение обнаружения военнослужащего в обмундировании при выполнении поставленных боевых задач (снижение общей видимости и заметности военнослужащего приборами ультрафиолетового излучения). УФ-излучение – электромагнитное излучение, занимающее спектральный диапазон между видимым и рентгеновским излучением. Длины волн УФ-излучения лежат в интервале от 10 до 400 нм.

Новые ткани разработаны на основе синергизма свойств используемых синтетических и целлюлозосодержащих волокон, а также придания необходимых специальных свойств в результате отделочных операций. На рисунке 1 видно, что значение коэффициентов отражения разработанной отбеленной ткани начиная от 300 нм и далее после 300 нм находятся выше, чем коэффициенты кривой запуска белого цвета.

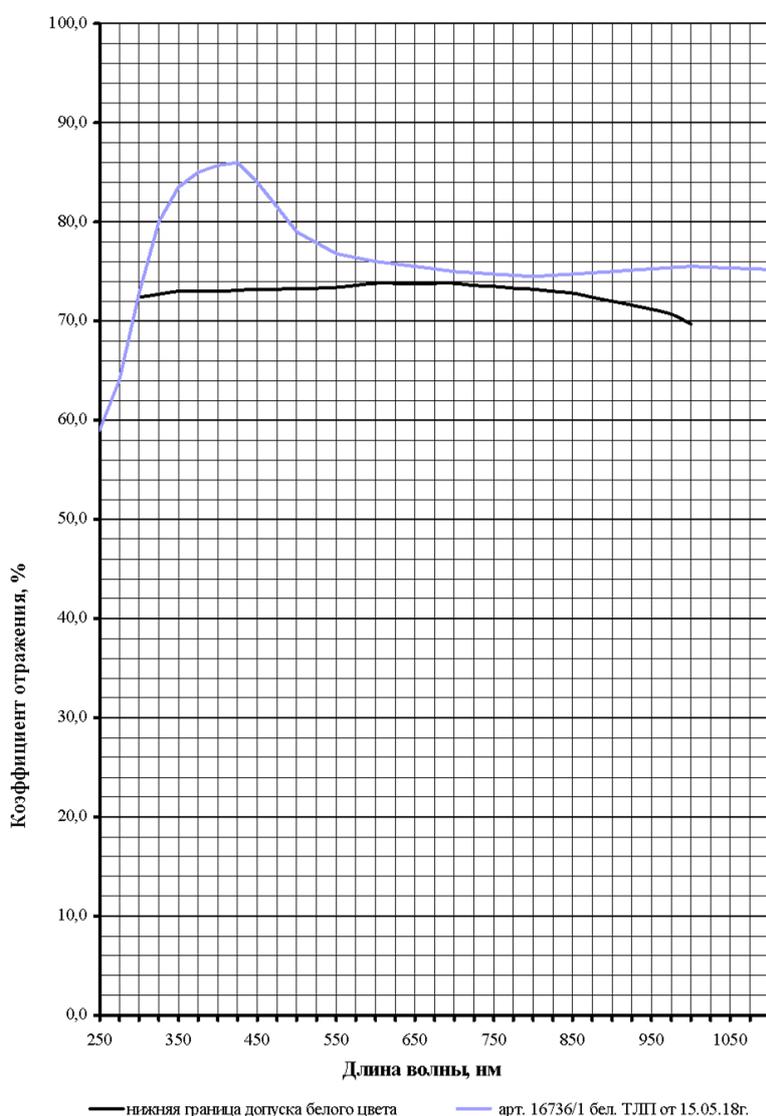


Рисунок 1

Преимущества новых тканей:

- разрывная нагрузка – 1000 Н (норма не менее 600 Н);
- истираемость 2200 циклов (норма не менее 2000);
- гигроскопичность – 11,5% (норма не менее 7%);
- несминаемость – 55% (норма не менее 50).

Инновационные технологии крашения и отделки термо-, огнестойких метаарамидных текстильных материалов

Патент РФ № 2641471

В настоящее время термостойкие волокна широко востребованы, так как они устойчивы к действию открытого огня и обладают способностью выдерживать длительное воздействие повышенных температур во время эксплуатации.

Метаарамидные волокна обладают постоянной невоспламеняемостью благодаря своей химической структуре (процентное содержание кислорода более 30%) и способны длительно выдерживать температуры до 250⁰, а также кратковременно выдерживать пиковые температуры до 1000⁰С. Ткани из таких волокон не воспламеняются при контакте с открытым пламенем, а лишь карбонизируются.

Крашению термостойких волокон уделяется большое внимание, как в нашей стране, так и за рубежом. Это вызвано прежде всего тем, что при отделке арамидных волокон возникают трудности, связанные с высокой степенью кристалличности, с сильным межмолекулярным взаимодействием, что препятствует крашению известными методами, применяемыми для традиционных видов волокон.

В Центре разработана инновационная экологически чистая технология крашения в темные, средние тона и отделки текстильных материалов из метаарамидных волокон для изготовления спецодежды для защиты от воздействия:

- огня и повышенных температур;
- негативных производственных факторов;
- опасных условий труда.

Основными преимуществами технологии являются:

- крашение осуществляется в водной среде без использования вредных веществ - органических растворителей;
- хорошая воспроизводимость цветовой гаммы;
- получение интенсивных и равномерных окрасок ткани;
- получение окрасок с высокими прочностными показателями к физико-химическим воздействиям: трению и стиркам, соответствие показателям «Прочное крашение».

Импортозамещающие средства индивидуальной защиты для экранирующих комплектов от электромагнитных полей радиочастотного диапазона

Патенты РФ № 176287, 2652577

Основными видами средств защиты персонала от электромагнитных полей радиочастотного диапазона являются экранирующие комплекты. Они предназначены для защиты работающих от воздействия электромагнитных полей радиочастотного диапазона от 30 кГц до 60 ГГц.

В состав экранирующего комплекта входят следующие элементы:

- экранирующий комбинезон с капюшоном или костюм с капюшоном;
- экранирующий головной убор (в случае, если комбинезон или костюм без капюшона);
- экранирующие перчатки;
- экранирующие ботинки или чулки, носки, бахилы;
- щиток защитный лицевой;
- каска защитная.

Специалистами Центра были разработаны экспериментальные образцы экранирующих одинарных вязаных пятипалых перчаток с применением электропроводящих нитей для лицевой стороны и хлопчатобумажной пряжи – для изнаночной стороны перчатки (рисунок 2).

Защитная перчатка состоит из участков: напульсник, корпус, пальцы. Участки перчатки изготовлены различными переплетениями.

Для изготовления образцов перчаток разработана специальная программа вязания и проведена наладка перчаточного автомата для провязывания мишурной нити.

Был выбран способ вязания, обеспечивающий надежность петлеобразования при выполнении необходимого переплетения.

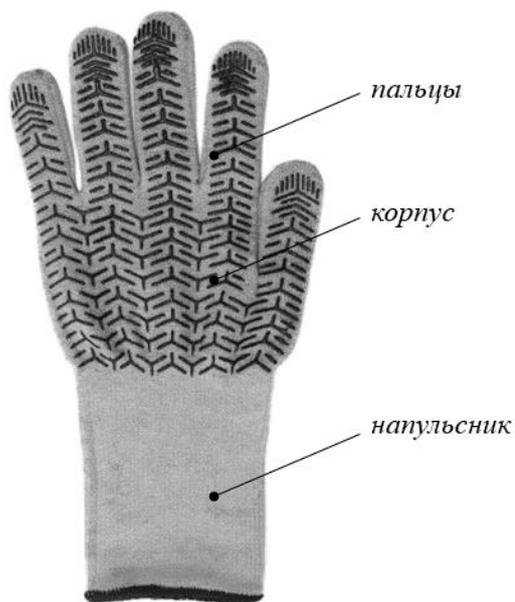


Рисунок 2 – Экранирующая перчатка

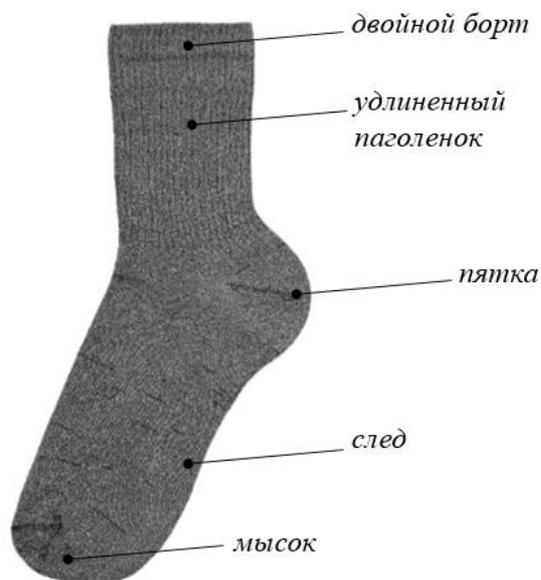


Рисунок 3 – Экранирующий носок

Специалистами Центра разработаны экспериментальные образцы экранирующих носков с двойным бортом и удлиненным паголенком с применением электропроводящих нитей для лицевой стороны и хлопчатобумажной пряжи – для изнаночной стороны носка (рисунок 3). Защитный носок состоит из участков: двойной борт, удлиненный паголенок, след, пятка, мысок.

Для изготовления экспериментальных образцов носков разработана специальная программа вязания и проведена наладка круглочулочного автомата для провязывания мишурной нити.

Для вязания образцов выбраны переплетения, способные обеспечить образование на лицевой стороне защитного слоя, а на изнаночной – гигиенического.

Для исследования специальных свойств экспериментальных образцов защитных перчаток и носков выбраны основные показатели, характеризующие способность изделий препятствовать порезу и воздействию электромагнитных полей радиочастотного диапазона от 30 кГц до 60 ГГц: сопротивление порезу, коэффициент экранирования в составе комплекта, электрическое сопротивление в составе комплекта.

Результаты испытаний импортозамещающих экранирующих перчаток и носков приведены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты испытаний экранирующих перчаток и носков

Свойства изделия	Наименование показателя, ед. измерения	Вид изделия	
		экранирующие перчатки	экранирующие носки
Гигиенические	Гигроскопичность, %	7,5	5,4
	Воздухопроницаемость, $\text{дм}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}$	520	-
Потребительские	Растяжимость, мм	- напульсника – 330	- борта – 440; - паголенка – 328

Специальные	Сопротивление порезу, Н/мм	10	-
	Коэффициент экранирования в составе комплекта, дБ	32,79	
	Электрическое сопротивление в составе комплекта, Ом	5,1	

Отмечен высокий уровень гигиенических и потребительских свойств экспериментальных образцов экранирующих перчаток и носков, обеспечивающих комфортность и формоустойчивость в процессе эксплуатации.

Испытания экранирующих перчаток и носков по физико-механическим, санитарно-химическим, органолептическим, токсиколого-гигиеническим, потребительским и специальным защитным свойствам (сопротивление порезу, коэффициент экранирования и электрическое сопротивление) подтвердили соответствие изделий требованиям технического регламента ТР ТС 019/2011 и ГОСТ 12.4.305.

Высокорастяжимые трикотажные основовязанные полотна

Одним из перспективных направлений является рынок спортивных товаров. В настоящее время лидерами на российском рынке спортивной одежды являются иностранные производители, изделия отечественного производства составляют всего около 10%. В то же время рынок спортивных товаров в России стабильно растет на 15-17% в год.

Основными требованиями к материалам для спортивной одежды являются:

- высокая растяжимость
- эластичность
- устойчивость окраски к воздействию: стирки, пота, трения, морской и хлорированной воды
- прочность
- легкость.

Одно из первых мест занимают в этой нише высокоэластичные основовязальные полотна на основе микрофиламентных синтетических нитей, что обеспечивает быстрое отведение влаги от тела и испарение с поверхности одежды во время тренировок.

В Центре разработан ассортимент и технология производства высокоэластичных основовязанных полотен:

- с мерцающим блеском на основе полиамидной комплексной блестящей нити трикотажного сечения и полиуретановой нити;
- матовое полотно на основе полиамидной комплексной высокоэластичной нити круглого сечения и полиуретановой нити.

Основные преимущества полотен:

- поверхностная плотность – до 200 г/м²
- растяжимость: по длине – 113%, по ширине – 65-75%
- эластичность: по длине – 88%, по ширине – 89%
- паропроницаемость – 13,0-13,5%
- влагоотдача – 45-60%
- гигроскопичность – 5,5-7,0%
- воздухопроницаемость – 370-475 дм³/м² · с.

Технология производства трикотажных флисовых полотен

Патент РФ № 2664237

В настоящее время широкое применение во всем мире получили многофункциональные трикотажные флисовые полотна с односторонним и двухсторонним ворсом на базе применения полиэфирных текстурированных микрофиламентных нитей.

Сырьем для производства флиса является синтетическое волокно, которое может быть как первичным, так и вторичным (переработанные пластиковые бутылки, пленка).

Развитию и увеличению выпуска трикотажных флисовых полотен способствует расширение ассортимента выпускаемых модифицированных микрофиламентных полиэфирных нитей, создание эффективных химических препаратов, в том числе наносодержащих, для придания флисовым трикотажным полотнам защитных антимикробных и улучшенных потребительских свойств.

Флисовые трикотажные полотна отличаются легкостью, мягкостью, повышенными теплозащитными свойствами (даже в намокшем состоянии), повышенной износостойчивостью, высоким коэффициентом влагоотдачи, паропроницаемости и воздухопроницаемости. Изделия из флиса не требуют особого ухода, не подвержены биологическому разрушению и не вызывают аллергии.

Трикотажные флисовые полотна используются для производства широкого спектра одежды от термобелья до различных видов верхней и спортивной одежды (куртки, брюки, спортивные костюмы, головные уборы, перчатки и др.), домашнего текстиля (пледы, покрывала, халаты), а также в качестве утеплителя.

Разработанные специалистами Центра импортозамещающие отечественные флисовые трикотажные полотна характеризуются наполненным, объемным грифом, мягким, пушистым ворсом, пластичностью, хорошими растяжимыми, упругими свойствами, требуемыми показателями поверхностной плотности и не уступают импортным аналогам.

Основные преимущества:

группа растяжимости – 2,2; воздухопроницаемость – 300, $\text{дм}^3/\text{м}^2$; остаточная деформация – 5 мм; устойчивость к истиранию: до истирания ворса – 5000 циклов, до разрушения – 75000 циклов; устойчивость к образованию пилинга – 3 балла.

Новые решения получения модифицированного льняного волокна

Достигнуты физико-механические показатели котонизированного льняного волокна: линейная плотность - 0,8 текс (№ 1250), содержание костры – 1,6%, штапельная массодлина – 38,2 мм. С использованием полученного котонизированного волокна выработана смесовая пряжа и ассортимент мебельных и плательно-костюмных тканей.

Введение короткоштапельного льняного волокна позволяет сократить долю хлопка. В данной статье представлен новый механо-химический способ котонизации короткого льняного волокна, осуществляемый на линии котонизации модульного типа.

Данный способ получения котонизированного льняного волокна путем предварительной обработки короткого волокна включает разборку кип, рыхление, предварительную очистку, формирование волокна в ленту, эмульсирование, формирование волокна в рулоны и отлеживание рулонов с последующей котонизацией, включающей прочесывание, разрыхление и заключительную очистку.

При этом используется эмульсирование волокна специально разработанным составом.

При проведении "отлежки" рулонов до достижения в них определенной температуры происходит релаксация напряжений в волокнах, полученных в результате механических воздействий при предварительной обработке, а также выравнивание влажности внутри массы рулонов, что увеличивает гибкость волокон и способствует лучшему их разъединению.

Дальнейший процесс котонизации осуществляют на линии модульного типа. В результате достигнуты физико-механические показатели котонизированного льняного волокна: линейная плотность - 0,8 текс (№ 1250), содержание костры – 1,6%, штапельная массодлина – 38,2 мм. Предложен многокомпонентный сырьевой состав пряжи, содержащий натуральные волокна, лен и хлопок, и химические – вискозное и полиэфирное волокна.

Из пряжи с вложением льняного котонизированного волокна в смеси с другими волокнами разработан новый инновационный ассортимент тканей мебельного и плательно-костюмного назначения.

Разработана технология производства пряжи, суровых и готовых тканей с высокими потребительскими свойствами на основе содержания льняного котонизированного волокна на уровне 30 - 40%.

Разработаны НТД на изготовление и качество пряжи, суровых и готовых тканей мебельного и плательно-костюмного ассортимента.

**ПРОБЛЕМЫ СЫРЬЕВОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЁГКОЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ (НА ПРИМЕРЕ ПОЛИЭФИРНЫХ ВОЛОКОН ДЛЯ
НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ)**

**PROBLEMS OF RAW MATERIALS SUPPLY FOR TEXTILE AND LIGHT INDUSTRY
(ON THE EXAMPLE OF POLYESTER FIBERS FOR NONWOVEN MATERIALS)**

В.В. Иванов
V.V. Ivanov

ООО «Термопол», (Москва), Заводы нетканых материалов, Холлофайбер®
Thermopol, LLC, (Moscow), nonwoven fabric plants, Hollowfiber®
E-Mail: info@thermopol.ru

В статье эксперта компании «Термопол» рассматриваются актуальные вопросы потребностей промышленных компаний в штапельном химическом волокне для производства нетканых материалов, подготовки базы научных исследований, формирования кадров. Проблема рассматривается через призму научных и экономических данных, анализируется производственный и исследовательский опыт компании, а на протяжении 15 лет вовлеченной в научно-образовательный процесс. Производство химволокна для нетканых материалов признаётся перспективной, но малоизученной темой в РФ. Отмечается, что в ней заложен кумулятивный межотраслевой эффект: появление российского высококачественного волокна из своего сырья спровоцирует рост разнопрофильных производств, применяющих его для конечных и компонентных изделий. Выявляется зависимость отечественных нетканых материалов от импорта при высокой потребности внутреннего рынка (тысячи тонн полиэфирного волокна (полого, неполого, периодически полого; первичного, вторичного, полирециклингового). Поднимается вопрос о химических волокнах для нетканых материалов с добавленными свойствами, для многофункциональных систем, для smart textile.

Ключевые слова: производство полиэфирного волокна, термоизоляционные материалы, холлофайбер, нетканые материалы, термопол, текстильные инновации, переработка химического сырья.

The article of the expert of the company "Thermopol", LLC deals with topical issues of the needs of industrial companies in staple chemical fiber for the production of nonwoven materials, the preparation of the base of scientific research, the formation of personnel. The problem of viewing through the prism of scientific and economic data, analyzes the production and research experience of the company, for 15 years involved in the scientific and educational process. Production of chemical fiber for nonwovens is recognized as a promising, but little-studied topic in Russia. It is noted that it has a cumulative inter-sectoral effect: the emergence of Russian high-quality fiber from its raw materials will provoke the growth of diversified industries that use it for final and component products. Revealed the dependence of the domestic nonwovens imports with high domestic market demand (thousands of tons of polyester fiber (hollow, incomplete, occasionally hollow; primary, secondary, polietilenovogo). It raises the question of chemical fibres for non-woven materials with added properties to multifunctional systems for smart textile.

Keywords: the production of polyester fiber, thermal insulation materials, hollowfiber, nonwovens, thermopol, textile innovation, processing chemical raw materials.

О потребностях в первичном высококачественном штапельном химическом волокне для производства нетканых материалов в последние 10-15 лет говорилось много, вопрос поднимался и на форуме SMARTEX [1]. Однако ни один из проектов в РФ не был реализован. Вместе с тем, это одна из наиболее перспективных и наименее проработанных тем в российской промышленности [2] – производство химволокна из углеводородного сырья для нетканых материалов. Распространение получает условное определение «ископаемый текстиль» [2]. В теме развития химпрома для текстильлегпрома заложен кумулятивный межотраслевой эффект: появление своего высококачественного волокна из своего сырья спровоцирует рост разнопрофильных производств, применяющих его для конечных и компонентных изделий. Сегодня отечественная нетканая подотрасль (по видам

промышленной продукции: высококачественная теплозащита, наполнители, экологические строительные утеплители и др.) зависит от импорта.

В РФ даже на данном уровне развития цепочки применения штапельных химволокон существует потребность в тысячах тонн полиэфирного волокна (полого, неполого, периодически полого; первичного, вторичного, полирециклингового)

Остро стоит вопрос о химических волокнах для нетканых материалов с добавленными свойствами [4-6], для многофункциональных систем, для smart textile, для продукции "Новой генерации-НГ" (это материалы линейки КАРБО, дугостойкие материалы; НГ, огнестойкие с индексом 3 и другие); а также для прогрессивной линейки разработок для Арктики, Антарктиды и космоса "Эволюция ТЕРМО" (это продукция ТЕРМО, IFS, intelligent fiber system, саморегулируемые системы) [7].

Специалисты «Термопол» призывают промышленников инвестировать в проекты "Ископаемого текстиля", учитывать тенденции стратегических шагов РФ в сторону сырьевой независимости. Россия теряет химпром для текстильлегпрома, но должны быть найдены возможности для того, чтобы изменить ситуацию в нашу пользу.

Отраслевому сообществу важно более глубокое обсуждение проблем стандартизации различных типов волокон для продукции широкого потребления и госзаказа (корпоративного заказа). Пример: многолетняя полемика с "микроволоконным ГОСТ для одежды".

Химпром для текстильлегпрома - это одно из немногих реально перспективных с учетом сырьевой базы и наработок прошлых лет направлений, способных привести в движение ряд отраслей и подотраслей, в первую очередь - текстильную и легкую промышленность, мебельную и матрацную матрасную индустрии, строительство, агро и другие.

Производители и потребители заинтересованы в продукции "следующего шага", высокотехнологичных химических волокнах, отвечающих не "моде прошлого", а "свойствам будущего" [11-13].

Отраслевому сообществу важно усиливать межотраслевые связи, пропагандировать тотальное внедрение нетканых материалов из отечественных химволокон, вести работы (НИОКР) по комплексному промышленному полирециклингу [8].

К сегодняшнему дню назрели концептуальные вопросы, от решения которых зависит не только развитие отрасли, но и развитие государства, судьбы людей, освоение территорий, промышленные внедрения, появление новых видов продукции, а в итоге – как индустриально-системная неизбежность - конкурентоспособность российской легкой промышленности и ее экспортный потенциал.

Поднимаемые вопросы напрямую согласовываются с Национальной идеей, с богатством, добытым для нас, для этого момента предыдущими поколениями, запасами, обеспеченными для нас и наших детей многовековыми процессами освоения и присоединения территорий. Мы призываем к организации промышленного будущего! Уверены, что поднимаемая тема не привязана только к корпоративным интересам – она большая и общая, более того – это тенденция, основанная на потребности.

За многие годы изучив тематику международного и отечественного технического текстиля, зная тенденции в области мировой сырьевой идеологии и развития химической промышленности, анализируя перспективы и потребности рынка, эксперты проекта «Термопол» на протяжении нескольких последних лет призывали участников рынка существенно расширить внедрения технического текстиля (и в частности, нетканых материалов Холлофайбер®) в различные отрасли промышленности, самые разнообразные изделия и системы (от одежды для Арктики до гидропонических полигонов, от строительных утеплителей – до автопрома, от ортопедических матрацев – до композиционных материалов, которые могут изменить промышленность, и т.п.) [9].

Имея сырьё для самого различного технического текстиля РФ применяет в основном то, что уже доказало состоятельность за несколько быстро минувших десятилетий, с опаской

воспринимая новое и неведомо. Одна из причин – рутина в осмыслении и переработке научных и исследовательских данных, успешного промышленного опыта, зарубежных прорывных идей, недостаточное внимание к наиболее успешным и перспективным внедрениям, в том числе, и уже давно состоявшимся на «термополовских» полигонах.

«Ископаемый текстиль» Родины дает нам все основания для следующего шага промышленности, с учётом сырьевых угроз, мировых тенденций 2050 и безграничных свободных ниш [10]!

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванов, В.В. Научные исследования как неотъемлемый фактор внедрения инноваций (на примере деятельности заводов нетканых материалов «Термопол», ХоллофайберTM / В.В.Иванов, Е.В. Мезенцева // XX международный научно-практический форум «Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы» (SMARTEX-2017): матер.форума, 22-26 мая 2017 года. – Иваново: ИВГПУ, 2017. – С.25-31.
2. Кричевский, Г.Е. Химические, нано-, био-, инфо-, когнитивные технологии двойного назначения в производстве нового поколения волокон, текстиля и одежды: боевой комплект одежды солдата 21-ого века, спортивный, медицинский, косметический, технический текстиль [Электронный ресурс] // NanoNewsNet.ru. Режим доступа: <http://www.nanonewsnet.ru/articles/2011/khimicheskie-nano-bio-info-kognitivnye-tekhnologii-dvoinogo-naznacheniya-v-proizvodstv> (дата обращения: 06.07.2018).
3. Иванов В.В. Следующий шаг промышленности - ископаемый текстиль [Электронный ресурс] // Souzlegprom.ru. Режим доступа: <https://www.souzlegprom.ru/ru/press-tsentr/tochka-zreniya/3681-vladislav-ivanov-direktor-po-razvitiyu-ooo-termopol-sleduyushchij-shag-promyshlennosti-iskopaemyj-tekstil-1.html> (дата обращения: 28.08.2019).
4. Мезенцева, Е.В. Волокна, создающие энергию // Легкая промышленность Курьер. – 2007. - № 9. – С.7.
5. Мезенцева Е.В. Современный подход к разработке инновационных утепляющих нетканых материалов: тез. докл. XII межд. промышленно-экономический форум / «Золотое кольцо». – Плес-Иваново, 14-16.09.2017. – С. 124-129.
6. Мезенцева, Е.В. Особенности функционирования нетканого утеплителя «Холлофайбер[®]» / Е.В. Мезенцева, Н.И. Голубкова // ЛегПромБизнес-Директор. – 2012. - № 5 (137). – С.11-14.
7. "Термопол" дал прогноз развития утеплителей в России [Электронный ресурс] // Souzlegprom.ru. Режим доступа: <https://www.souzlegprom.ru/ru/press-tsentr/novosti/novosti-kompaniy/4006-termopol-dal-prognoz-razvitiya-uteplitelej-v-rossii.html>
8. Иванов, В.В. Невозможное – возможно (примеры инновационного применения нетканых материалов) // Второй международный научно-практический симпозиум Наука – текстильному производству: новейшие отраслевые научные разработки в сфере технического текстиля и практический опыт их применения: матер.симп. – М., 2017. – С. 27-28.
9. Нетканые материалы Холлофайбер[®]: структура, свойства, применение / М.Ю. Трещалин, В.В.Иванов, Ю.М.Трещалин, А.М.Киселев. – Москва: БОС, 2017. – С. 49-59.
10. Трещалин, Ю.М. Анализ структуры и свойств нетканых материалов. – Москва: БОС, 2016. – 192 с.
11. Иванов, В.В. Влияние некоторых особенностей синтетических волокон на теплоизолирующие и эксплуатационные свойства нетканых материалов на примере материалов Холлофайбер[®] и других синтетических утеплителей / В.В.Иванов, Е.В. Мезенцева // Третий международный научно-практический симпозиум Научно-производственное партнёрство: взаимодействие науки и текстильных предприятий и новые сферы применения технического текстиля: матер.симп. – М., 2018. – С. 301-310.
12. Мишаков, В.Ю. Нетканые утеплители и наполнители для швейных изделий: особенности, свойства, характеристики: учебное пособие / В.Ю. Мишаков, Г. К. Мухамеджанов. – Москва: ФГБОУ ВО «РЭУ им. Г. В. Плеханова», 2017. – 64 с.

13. Афанасьева, Р.Ф. Результаты физиолого-гигиенической оценки теплоизоляции одежды, имеющей в качестве утеплителя материал Холлофайбер «Софт»: отчёт научно-исследовательской работы / Р.Ф. Афанасьева, О.В. Бурмистрова, В.М. Бурмистров. – Москва: ГУ НИИ Медицины труда РАМН, 2006. – 72 с.

**УСПЕШНЫЙ ОПЫТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА В
СОВМЕСТНЫХ ПРОЕКТАХ ИННОВАЦИОННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ «УМНЫЙ
ТЕКСТИЛЬ» И ИВАНОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ХИМИКО-
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА**

**SUCCESSFUL EXPERIENCE OF TECHNOLOGICAL ENTREPRENEURSHIP IN JOINT
PROJECTS OF INNOVATIVE ENTERPRISE "SMART TEXTILES" AND IVANOVO
STATE UNIVERSITY OF CHEMISTRY AND TECHNOLOGY**

С.В. Королев¹, О.И. Одинцова²
S.V. Korolev¹, O.I. Odintsova²

¹Объединение «Специальный Текстиль», (г. Иваново)

²Ивановский государственный химико-технологический университет, (г. Иваново)

¹SPECIAL TEXTILES GROUP Co., Ltd, (Ivanovo)

²Ivanovo State University of Chemistry and Technology, (Ivanovo)

E-mail: smart-textile@mail.ru, odolga@yandex.ru

В современном мире многие компании, работающие в различных отраслях экономики, вкладывают значительные средства в развитие новых технологий, которые способны поднять отрасль на потенциально новый уровень. Что позволяет венчурной компании установить монополию в данной отрасли на производство этого инновационного продукта на какое-то время, тем самым заработав за определённый промежуток времени максимальные средства. Но это так - же подталкивает другие компании к разработке своих инноваций, тем самым устанавливается здоровая технологическая конкуренция. В работе раскрывается сущность и особенности технологического предпринимательства, выявляется состав и структура инновационной системы технологического предпринимательства.

Ключевые слова: инновационный продукт, технологическая конкуренция, технологическое предпринимательство

In today's world, many companies operating in various sectors of the economy, invest heavily in the development of new technologies that can raise the industry to a potentially new level. This allows the venture company to establish a monopoly in the industry for the production of this innovative product for some time, thereby earning maximum funds for a certain period of time. But it also pushes other companies to develop their innovations, thereby establishing healthy technological competition. The paper reveals the essence and features of technological entrepreneurship, reveals the composition and structure of the innovation system of technological entrepreneurship.

Keywords: innovative product, technological competition, technological entrepreneurship

Высокотехнологичное, инновационное направление развития экономики России приходит на смену «сырьевой» модели, базирующейся на добыче и экспорте природных сырьевых ресурсов. На государственном уровне провозглашена активная поддержка развития венчурных компаний, работающих в перерабатывающих отраслях промышленности, в том числе – в легкой и текстильной промышленности. Подобные высокотехнологичные компании призваны оказывать существенный положительный эффект в обеспечении устойчивого экономического роста за счет широкого внедрения создаваемых инновационных технологий.

Одним из условий инновационного развития экономики является тесное взаимодействие технологических предпринимателей и менеджеров, способных к восприятию и коммерциализации достижений современной науки, с учеными, работающими в высших учебных заведениях, в прикладных и академических институтах.

В статье раскрывается сущность и особенности технологического предпринимательства в области создания новых технологий в текстильной и легкой промышленности. На примере взаимодействия производственного инновационного

предприятия - «УМНЫЙ ТЕКСТИЛЬ» (г. Шуя, Ивановской области) и Ивановского государственного химико-технологического университета (ИГХТУ) представлены результаты успешно реализованной схемы технологического предпринимательства. Показано, что одним из главных отличий технологического предпринимательства от других видов предпринимательской деятельности, является креативный подход, умение применять новейшие достижения науки для создания современных технологий.

Известно, что сама природа появления технологического предпринимательства проистекает из желания и стремления бизнесмена и ученого улучшить окружающую его реальность. При этом процесс предпринимательской деятельности не превращается в бесконечную погоню за прибылью. В основе технологического предпринимательства лежит созидательная деятельность, направленная, как на улучшение и гармонизацию окружающей действительности, так и на личное саморазвитие предпринимателя и ученого. Интерес к этому процессу свойственен не только менеджерам и предпринимателям, но и ученым, и даже определенным группам чиновников.

В настоящее время технологическое предпринимательство является одной из наиболее обсуждаемых тем, в том числе одной из тем дискуссий по поводу того, каким путем должно идти развитие вновь создаваемых и набирающих обороты инновационных фирм, регионального экономического развития, отбора для инвестирования в новые проекты, подготовки менеджеров, инженеров и ученых. Однако до сих пор не существует единого общепринятого определения этого явления - технологическое предпринимательство.

Рассмотрим ряд определений технологического предпринимательства, сформулированных отечественными и зарубежными специалистами.

В более широком смысле можно говорить об инновационном предпринимательстве, когда специфическим инструментом предпринимательства служат не столько инновации сами по себе, сколько направленный, организованный поиск новшеств, постоянная нацеленность предпринимателей на них. В данном случае имеются в виду маркетинговые и организационные инновации. В более узком смысле, инновационное предпринимательство – это предпринимательство технологическое, объектом которого является коммерциализация инновационных технологических решений.

По мнению авторов [1], исследовавших технологическое предпринимательство в одной из наиболее передовых отраслей - в ракетно-космической отрасли, термин «технологическое предпринимательство» появился в 1998 г. Этот термин обозначал вид бизнеса, в основу которого положены инновационные технологии, передовые знания научного, технического и организационного направления. К предприятиям такого типа предъявляются специфические требования, основанные на особой роли интеллектуальных ресурсов и инновационных технологий в структуре жизнедеятельности предприятия. Необходимо отметить, что сотрудники, работающие в Объединении «Специальный текстиль», начали заниматься подобной деятельностью в начале 90-х годов прошлого века, за 5...7 лет до появления самого термина «технологическое предпринимательство».

Пять лет назад была опубликована статья, автор которой утверждает, что технологическое предпринимательство – это попытка абсолютно коммерциализировать как прикладную, так и теоретическую науку. Тем не менее, автор статьи указывает на то, что причина появления технологического предпринимательства - желание и стремление предпринимателя и ученого улучшить жизнь. Однако данный процесс не должен превращаться в бесконечную погоню за прибылью, в основе данного вида предпринимательства лежит ярко выраженная созидательная деятельность, направленная также на личное саморазвитие предпринимателя и ученого [2].

Год назад, в интернет-пространстве была опубликована статья Т. Bailetti, который утверждает, что технологическое предпринимательство — это инвестиции в коммерческий проект, в целях использования данных средств в качестве разнородных активов, направленных на воссоздание новых ценностных характеристик продукта, отличающих его от других [3]. В основе данного определения — стремление предпринимателя качественно

изменить характеристики производимой продукции, позволяющие получить продукцию с новыми характеристиками, которых еще нет у аналогичного по потребительским свойствам продукта конкурентов.

Фундаментальное определение «технологическое предпринимательство» - как естественного этапа эволюционного развития экономики хозяйствующих предприятий, дает Рыбина З.В. [4]. С усложнением науки и техники, постепенно меняется ключевая идея любого производственного процесса, основным средством производства становятся технологии, которые замещают ранее действовавшие основные средства производства - труд, земля, капитал и информация.

Куфтырев И.Г., Передня С.С. [5] определяют технологическое предпринимательство как часть международного инфраструктурного развития экономики и бизнеса. По мнению авторов, технологии являются частью экономической экосистемы, которую необходимо поддерживать путем субсидирования предпринимательства и НИОКР.

Систематизируя перечисленные выше характеристики технологического предпринимательства, можно сделать вывод о том, что отличительная особенность технологического предпринимательства от других видов предпринимательства (например, социальное предпринимательство, управление малым бизнесом и самозанятость) — совместное с научным сообществом экспериментирование и производство новых продуктов, активов и их атрибутов, которые неразрывно связаны с достижениями в области научно-технических знаний и наличие права собственности на основные средства производства инновационной компании.

Возрастающая роль технологического предпринимательства в процессах интернационализации, усиления инновационного вектора развития национальной экономики, участия в обслуживании транснациональных цепочек создания добавленной стоимости, а также расширение спектра мер государственной поддержки экспортно-ориентированных предприятий [6] обосновывают актуальность темы исследования, выбранной несколько лет назад авторами статьи.

Пять лет назад началось активное сотрудничество специалистов ООО «УМНЫЙ ТЕКСТИЛЬ» с учеными, аспирантами и студентами кафедры химических технологий волокнистых материалов (ХТВМ) ИГХТУ. В то время все университеты России, в которых реализовывались программы и учебные курсы, ориентированные на развитие предпринимательских компетенций (бизнес-инкубаторы, акселераторы, учебные курсы и образовательные программы), можно было пересчитать по пальцам, практически не было университетов, где существовали эффективные программы по работе с промышленностью. Но мы понимали, что очень важно, чтобы университетские образовательные и исследовательские программы были привязаны к реальности, к задачам, решаемым предприятиями текстильной и легкой промышленности, профессора и исследователи кафедры знали, что происходит в промышленности, у студентов и аспирантов формировались предпринимательские компетенции.

Сейчас картина меняется: университеты начали системно привлекать индустриальные заказы, в некоторых вузах уже есть команды, которые способны доводить проекты до стадии коммерциализации, есть центры предпринимательства, где преподают соответствующие дисциплины, развивается коучинг, менторство. Однако есть и слабые места, к примеру, эффективность центров трансфера технологий все еще оставляет желать лучшего. Ключевая преграда — отсутствие команд, которые могли бы это делать. А они, по опыту удачных западных центров трансфера технологий, да и по-нашему уже достаточно длительному опыту, должны состоять из людей, не один год проработавших в промышленных компаниях, людей, которые очень хорошо знают рынок, имеют связи в различных, в том числе и административных структурах. Для России проблема создания команд с серьезными компетенциями в области коммерциализации университетских разработок пока остается актуальной.

В сфере технологического предпринимательства - ощущается, по нашему мнению, нехватка не только людей, но и нехватка компетенций. Даже тем, кто создает стартапы, зачастую не хватает таких компетенций, как инициативность, ориентация на результат, коммуникации и умение вести диалог, умение действовать в канве проектного подхода. Большинство стартапов проваливаются не из-за технологических трудностей, а из-за нехватки перечисленных компетенций.

Стартап проекты в современных реалиях нашей страны набирают значимость и популярность для экономики. С увеличением роли высокотехнологичных стартапов, все более актуальным и становится вопрос стратегического управления такими специфичными компаниями. Однако, до сих пор в России нет нормативно-правовой базы регулирующей деятельность инновационных стартапов, принимались лишь отдельные, рассчитанные на достаточно короткий срок или посвященные конкретным аспектам постановления и распоряжения, внесения поправок в уже существующие акты. Сейчас существуют лишь различные проекты законов об инновационной деятельности в РФ.

За прошедшие годы совместной работы сотрудниками компании «УМНЫЙ ТЕКСТИЛЬ» и ИГХТУ были выполнены исследования, направленные на создание инновационных видов отделки текстильных материалов. В рамках, выполняемых НИОКР приобретено и установлено в лаборатории кафедры новое лабораторное оборудование:

- анализатор размеров частиц и Z-потенциала Photocor Compact-Z,
- ультразвуковая ванна «Град»,
- лабораторный гомогенизатор JRJ300-1,
- гомогенизатор JFJ300-SH,
- центрифуга ЦЛМН-Р10-01-«Элекон» лабораторная медицинская настольная,
- анаэростат АЭ-01,
- цифровой микроскоп МИКМЕД - 6 вариант 7. диагностический комплекс,
- счетчик колоний микроорганизмов СКМ-2,
- мешалка магнитная MMS-3000.

Исследования, выполненные на этом оборудовании, позволили разработать экологически безопасные технологии изготовления микрокапсулированного акарицидно-репеллентного вещества (АРВ) и нанесения его на текстильные материалы и защитные элементы костюмов; выявить оптимальные физико-химические, температурно-временные параметры закрепления полученных микрокапсул с АРВ, обеспечивающие эффективное и пролонгированное выделение АРВ из текстильного материала. Были созданы технологии получения микрокапсулированных маслорастворимых биологически активных веществ и опробованы технологии нанесения их на текстильные материалы с целью получения изделий косметического и профилактического назначения. По результатам исследований получено 5 патентов РФ [7, 8]. На кафедре ХТВМ ведется целевое обучение сотрудников ООО «УМНЫЙ ТЕКСТИЛЬ» для работы на производственном участке. На кафедре подготовлено 2 кандидатских диссертации по теме исследований.

Темы исследований, выбираемых специалистами кафедры ХТВМ, ориентированы на потребности производства, лаборатория кафедры дооснащается современным прецизионным оборудованием, в начале любых исследований оценивается соответствие новой продукции спросу рынка, поэтому значительная часть выполняемых на кафедре разработок внедряется в производство. Уже завершено прототипирование акарицидно-репеллентной отделки текстильных материалов, изготовлены первые образцы защитных костюмов «Барьер-Инсекто», лабораторная технология масштабирована до опытно – производственного участка, оборудованного на «Шуйско-Тезинской фабрике». Опытные образцы защитных костюмов прошли натурные испытания в таежных условиях в зоне повышенной активности клещей. По результатам испытаний, выполненных специалистами ФБУН НИИ Дезинфектологии, костюмы обеспечивают защиту свыше 90 % в отношении иксодовых клещей.

В настоящее время творческий коллектив, включающий сотрудников ООО «УМНЫЙ

ТЕКСТИЛЬ» и кафедры ХТВМ ИГХТУ выполняет исследование в соответствии с грантом по теме: «Разработка технологии изготовления материалов и изделий из них для восстановления биологических тканей, кожных покровов на основе новых инкапсулированных биологически активных веществ и активных фрагментов биополимеров в целях профилактики и коррекции социально-значимых и профессиональных заболеваний». Тема указанных исследований актуальна не только для российской, но и для мировой науки, о чем свидетельствует большое количество публикуемых результатов работ зарубежных ученых, проводимых в этом направлении. В решении этой проблемы заинтересованы сотрудники ФГАУ НМИЦ нейрохирургии им. академика Н.Н. Бурденко Минздрава России.

Задача технологического предпринимательства – взять множество открытий, сделанных учеными по всему миру и превратить эти научные достижения в технологии для производства инновационных продуктов, которыми могут пользоваться люди.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Гостева О.В., Аникина Ю.А. Технологическое предпринимательство в ракетно-космической отрасли // Решетневские чтения. 2017. №21.
2. Емельянович И. Культурные особенности технологического предпринимательства в России // Наука и инновации. 2014. №138.
3. Bailetti T. Technology Entrepreneurship: Overview, Definition, and Distinctive Aspects // URL: <http://www.timreview.ca/article/520> (дата обращения: 29.08.2019)
4. Рыбина З. В. Аспекты становления инновационного уклада в российской экономике // ПСЭ. 2015. №1 (53).
5. Куфтырёв И. Г., Передня С. С. Международный инновационный коридор как инфраструктурный фактор развития технологического предпринимательства // Вестник ННГУ. 2015. №3-3.
6. Корзюк Д.И., Текучёва С.Н. Сущность технологического предпринимательства // International Journal of Professional Science 3. URL: <http://scipro.ru/article/03-03-2018> (дата обращения: 29.08.2019)
7. Способ производства текстильного материала, содержащего нано- и микрокапсулированные биологически активные вещества с замедленным высвобождением (варианты): пат. 2596452 Рос. Федерация. № 2015122221/12 / Одинцова О. И., Королев С.В., Кузьменко В.А., Владимирцева Е.Л., Козлова О.В., Королев Д.С., Крутских Е.В., Муратова Н.Н., Одинцова Л.С., Прохорова А.А., Никифорова Т.Е.; заявл. 10.06.15; опубл. 10.09.16, Бюл. № 25
8. Способ получения текстильного материала с защитными свойствами: Рос. Федерация. № 2019121039 / Владимирцева Е.Л., Козлова О.В., Королев Д.С., Королев С. В., Липина А.А., Муратова Н. Н., Одинцова О.И., Петрова Л.С., Смирнова С.В., Чернова Е.Н.; заявл. 05.07.19

**СОЗДАНИЕ НА ОСНОВЕ ЛЬНА-ДОЛГУНЦА СУВЕРЕННОЙ СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ
НАТУРАЛЬНЫХ ЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ ВОЛОКОН РОССИЙСКОЙ ТЕКСТИЛЬНОЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

**CREATION OF SOVEREIGN RAW MATERIAL BASE OF NATURAL CELLULOSIC
FIBRES OF RUSSIAN TEXTILE INDUSTRY
ON THE BASIS OF FIBER FLAX**

Ю.В. Крупнов
Yu.V. Krupnov

Межрегиональный общественный фонд поддержки и развития льняной отрасли
«Льняной союз», (Москва)
Interregional Public Fund for Support and Development of Linen Industry
"Flax Union", (Moscow)
E-mail: kroupnov@gmail.com

Показано негативное влияние слабости современной отечественной текстильной промышленности для экономики России и её безопасности. Причиной этой слабости является отсутствие собственной сырьевой базы натуральных целлюлозных волокон. Положительный опыт по выращиванию льняного волокна и семян, полученный Льняным союзом, позволил разработать принципиально новую агротехнологическую платформу раздельного производства волокна и семян. Следующим шагом станет создание принципиально новой технологической платформы льнопрядения.

Ключевые слова: лен-долгунец; импортозамещение; агротехнологическая платформа; льнопрядение.

The negative impact of the weakness of the modern domestic textile industry on the economy of Russia and its security is shown. The reason for this weakness is the lack of its own raw material base of natural cellulosic fibres. The positive experience of flax fibre and seed cultivation obtained by the Flax Union allowed to develop a fundamentally new agricultural technology platform for separate production of fibre and seeds. The next step will be the creation of a fundamentally new technological platform of flax fibers spinning.

Keywords: fiber flax; import substitution; agricultural technology platform; flax fibers spinning

Лён-долгунец и изделия из него напрямую определяют состояние безопасности национальной экономики и базовое качество жизни российского населения.

На сегодняшний день в России имеется катастрофическое недопотребление натуральных волокон, что заведомо лишает наших сограждан экологически чистой и доступной по ценам одежды и интерьера. Если в США на каждого жителя (а их, к слову, в два раза больше, чем в РФ) приходится в год 18 кг натуральных волокон, то в России – всего лишь два! Поскольку одежда и бытовой текстиль, пожалуй, второй, после продуктов питания, по важности для каждодневной экологичности жизни и обеспечения здоровья человека, то указанные цифры означают, что российское население существенно ущемлено в «одежных» правах - в 9 раз по сравнению с США и другими передовыми странами мира. На порядок!

Натуральные волокна в ситуации глобального загрязнения окружающей среды и роста числа заболеваний и многочисленных дисфункций по причине плохой экологии являются не вчерашним, а завтрашним днём любого общества, ориентированного на развитие и мощный человеческий капитал. Вовсе не случайно Генеральная Ассамблея ООН объявила 2009 год Международным годом натуральных волокон.

При этом дефицит в Российской Федерации натуральных целлюлозных волокон накладывается ещё и на тотальное доминирование среди них импортного хлопка, который, во-первых, с каждым годом растёт в цене и его приходится покупать за валюту, во-вторых,

значительно менее гигиеничен и экологичен, чем лён [1,2], и, в-третьих, ставит нашу текстильную промышленность в импортозависимое положение.

Страны СНГ, производители хлопкового волокна, развивая собственную текстильную промышленность, расширяя ассортимент продукции и повышая её качество, вступили в жёсткую конкурентную борьбу за рынки сбыта. Так, за последние три года в результате предпринятых руководством Узбекистана мер по ограничению экспорта хлопка-сырца в целях получения максимальной маржи от его переработки на собственной территории, российские прядильные и ткацкие предприятия оказались, мягко говоря, в крайне сложном - а если без обиняков, и в катастрофическом положении. Всего только за один 2017 год импорт в Российскую Федерацию узбекского хлопкового волокна, по данным Федеральной таможенной службы России, упал в два раза – с 52 534,3 тонн в 2016-м году до 28 260,8 тонн в 2017-м. Половина российских прядильных производств буквально в момент остались без сырья – и, соответственно, работники этих производств – с неопределённым будущим. Очевидно, это наносит серьёзный экономический и социальный урон и без того не купающейся в роскоши Ивановской области, которая в Российской Федерации производит более 85 % всех хлопчатобумажных тканей! А уже на подходе ограничения со стороны Узбекистана не только на экспорт волокна, но и пряжи. А с 2021 года – уже и тканей.

В этой ситуации впору уже ставить вопрос не о размытом импортозамещении, а о чрезвычайных мерах по обеспечению нашей импортнезависимости и по сути суверенитета России в сфере производства и использования натуральных целлюлозных волокон как сырья для лёгкой, и не только, промышленности - волоконного или волоконно-сырьевого суверенитета. И на первый план здесь выходит как раз лён-долгунец, причём, как стратегическая и геоэкономическая культура.

Ведь то, что мы сегодня зависим от импортного хлопка является не природно-климатической проблемой, а геоэкономическим проигрышем, за которым, с одной стороны, стоит очевидная слабость СНГ-политики и особенно политики в Центральной Азии, и, с другой стороны, провал по обеспечению отечественной лёгкой промышленности своим собственным сырьём – льноволокном текстильного качества, производство тканей из которого за четверть века упало в 26 раз, с 603 млн. до 23,5 млн. квадратных метров. Соответственно сократилось и число предприятий по глубокой промышленной переработке льна в ткани с 81 до 7. В итоге сегодня на месте флагманских льнокомбинатов, того же Зворыкинского в Костроме или Смоленского, построены гигантские торговые центры, реализующих импортные китайские и иные, товары. Вот только у населения нет денег на покупки, так как нет зарплат и самой возможности работать и достойно зарабатывать – из-за отказа сеять и перерабатывать лён. Занятость населения в текстильной промышленности катастрофически рухнула.

Хочется надеяться, что нашим чиновникам теперь дойдёт смысл без преувеличения судьбоносного поручения Президента Российской Федерации В.В. Путина Пр-79 от 20 января 2016 года по обеспечению импортнезависимости от хлопка и системному наращиванию объёмов производства льноволокна в РФ. В том поручении как раз в целях недопущения хлопкового коллапса было поставлено три взаимоувязанные стратегические задачи.

Первая: «организовать ежегодное наращивание объёмов производства отечественного льна и льноволокна для обеспечения в среднесрочной перспективе стратегических потребностей государства».

Вторая: представить предложения по поддержке российских предприятий, использующих хлопковое сырьё, в том числе на зарубежных рынках.

Третья: обеспечить лёгкую промышленность отечественными химическими волокнами и нитями.

К сожалению, ни одна из этих задач так и не была исполнена.

Горький парадокс современного состояния льняной отрасли в том, что льняной коллапс произошёл в стране, в которой лучшие в мире природно-климатические особенности

для культивирования льна (продолжительные летние дни, влажность, фактор обильных утренних рос температурные режимы, специфика почвы и др.), практически неограниченные площади пахотных земель под лён-долгунец (более 80 % аналогичных земель мира) и богатейший отечественный исторический опыт возделывания льна, включая уникальные разработки в области агрономических и промышленных технологий.

Вместе с тем, указанный потенциал предоставляет нам уникальный шанс не только в кратчайшие сроки восстановить отрасль и даже превратить её в локомотив роста экономики депрессивных регионов Нечерноземья, но и выйти на лидирующие позиции в мире и к 2025 году восстановить абсолютную мировую монополию России на лён, а к 2030 году с нынешних жалких 44,5 тысяч га посевов выйти на достигнутый ещё в 1936 года исторический максимум в 2,15 млн га, что, безусловно, выступит катализатором развития мирового рынка льна, создаст мультипликативный эффект и позволит довести мировой рынок льна до 20 млрд евро, а России стать на нём главным игроком.

Это не голословное заявление. Успех реновации льняной отрасли состоится только в том случае, если мы, используя наши естественные конкурентные преимущества, поставим адекватную по масштабам амбиций задачу – в ближайшие семь лет обеспечить достижение Россией абсолютной мировой монополии по льну. То есть только через адекватную геэкономическую задачу, которая позволит нам сбалансировать потребности в импортном хлопке и геэкономике хлопка противопоставить геэкономику льна, мы сумеем стать импортнезависимыми и одеть в уникальный по своим свойствам лён не только Россию, но и весь мир.

Для этого необходимо поставить задачу создания на основе льна-долгунца суверенной сырьевой базы натуральных целлюлозных волокон российской текстильной промышленности. Вот доктринальная задача, требующая перевести и выращивание льна-долгунца на принципиально новую агротехнологическую платформу, у Льняного Союза она теперь есть, и льнопрядение на принципиально новую технологическую платформу, используя передовые наработки в мире, создавая новую по свойствам льняную нитку. Такие технологии у Льняного Союза также на данный момент уже имеются.

Вне всяких сомнений, Президент России, ставя сегодня сверхзадачу рывка и прорыва, однозначно требует от правительства, регионов Нечерноземья и общества в целом особого льняного рывка, который существенно обновит и усилит нашу социальную и хозяйственную жизнь. Из этого и надо исходить. Именно лён как база и матрица целого набора новых материалов с заданными уникальными свойствами, может быть одним из компонентов новой технологической революции, которая идёт на смену британской промышленной революции, основой и началом которой был хлопок.

В отдельных странах и регионах большое богатство создаётся на основе запасов нефти и газа. Для нашего российского Нечерноземья нефтью и газом является лён-долгунец. Впрочем, это давно уже сформулировал русский народ в пословице: «За лен держись – обеспечишь жизнь».

ЛИТЕРАТУРА

1. Живетин В.В., Гинзбург Л.Н., Ольшанская О.М. Лён и его комплексное использование / В.В. Живетин, Гинзбург Л.Н., Ольшанская О.М. – М.: Информ-Знание, 2002. – 400 с.,ил.
2. Живетин, В.В., Осипов Б.П., Осипова Н.Н. Льняное сырье в изделиях медицинского и санитарногигиенического назначения // Журнал Российского химического общества им. Д.И. Менделеева, 2002, т. XLVI, № 2.

**ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРЯДЕНИЯ КОНОПЛЯНОГО ВОЛОКНА:
ОБОРУДОВАНИЕ КОТТОНИЗАЦИИ ФИРМЫ LAROCHE**

**PERSPECTIVE HEMP FIBER SPINNING TECHNOLOGIES: LAROCHE
COTTONIZATION EQUIPMENT**

Г.С. Ельчанинова¹, А.В. Силаков²
G.S. Elchaniniva¹, A.V. Silakov²

¹Ларош С.А., Смарт-А Консалт, (Франция)
Ассоциация текстильщиков России, (Москва)

²Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина
(Технологии. Дизайн. Искусство), (Москва)

¹Laroche S.A., Smart-A Consult, (France)
Association of Textile Workers (Moscow)

²Kosygin Russian State University (Technologies. Design. Art), (Moscow)
E-mail: galinkaaa@gmail.com, avsilakov@mail.ru

Аннотация: Описаны технологические решения коттонизации и проанализированы технико-экономические условия их применения для реализации проектов углубленной переработки конопляно-пенькового сырья в России.

Ключевые слова: пенька, волокно конопли, коттонин, коттонизация, декортикация, прядение, оборудование Laroche

Abstract: Technological solutions of cottonization are described and the technical and economic conditions for their application for the implementation of projects for in-depth processing of hemp and hemp raw materials in Russia are analyzed.

Keywords: hemp, hemp fiber, cottonin, cottonization, decortication, spinning, Laroche equipment

Экологические проблемы мировой экономики, проблемы водного баланса, проблемы пищевых ресурсов и голода, связанные с развитием индустрии массовых натуральных волокон, например хлопка, а также известные экологические проблемы химической индустрии приводят к росту интереса глобальных инвесторов к развитию традиционных прядильных культур, таких как безнаркотическая конопля, на новом уровне технико-технологического развития [1, 2, 5].

2018 год отметился беспрецедентным ростом капитализации компаний, связанных с новой индустрией безнаркотической конопли, которая является важным сырьевым источником развития ряда инновационных индустрий, таких как

- производство биокompозитных материалов и конструкционных материалов на их основе,
- производство пищевых продуктов и материалов,
- производство текстильного сырья.

Выращивание конопли исторически является традиционным для России, а по агротехническим условиям обеспечивает определенные преимущества в севооборотах с массовыми товарными культурами в рамках сельского хозяйства черноземной и нечерноземной зоны. Поэтому оценка ключевых технико-экономических факторов текстильной отрасли, значимых для разработки стратегии развития производства конопли и пеньковой промышленности, является актуальной межотраслевой научной проблемой на стыке проблематики развития сельского хозяйства и текстильной промышленности на текущем историческом этапе.

Существенным ограничением для наращивания объемов посевов конопли и производства волокна (пеньки) является ограничение производственных мощностей и

возможностей потребления и переработки лубяных волокон в российской текстильной промышленности.

Конопляное волокно (пенька) относится к классу лубяных волокон совместно с льняным волокном, и проблематика технологии переработки данных волокон в прядении схожа. При этом из общего объема лубяных волокон только лён продолжает формировать глобальный рынок, по которому, например, возможна оценка производственных мощностей, в то время как пенька является сугубо локальным текстильным сырьем переработка которого требует или привязки к традиционным местным технологическим цепочкам мокрого или сухого прядения (преимущественно льна) или путем процесса кottonизации преобразования волокнистой массы в штапельную диаграмму, приближенную к таковой для хлопка, с последующей переработкой на технологическом прядильном оборудовании короткой (хлопковой) штапельной диаграммы в том числе в смеси с хлопком или химическими волокнами. Распределение технологических цепочек переработки конопляно-пенькового сырья может быть представлено на рис. 1.

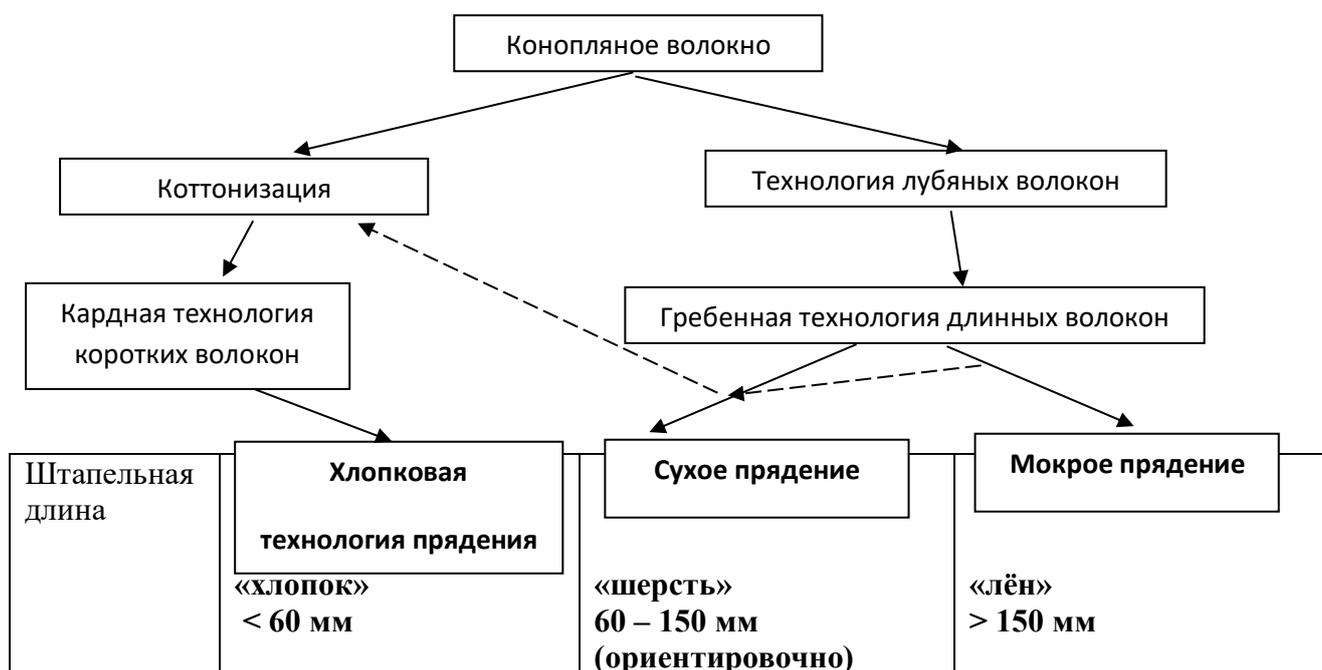


Рис. 1. Распределение возможных технологических цепочек переработки пеньки.

Развитие переработки конопляных волокон по традиционным лубяным технологиям в настоящее время сталкивается с проблемой падения как объемов производства и установленных мощностей, так и связанной с этим проблемой сокращения предложения со стороны машиностроения для прядения волокон длинных штапельных диаграмм (от шерстяной и выше). Текущая ситуация мирового текстильного рынка характеризуется долей волокон короткой (хлопковой) штапельной диаграммы более 95% от всего объема и установленных мощностей в прядении с постоянным снижением доли т.н. «длинных штапельных волокон». Объем мирового производства текстильных волокон может быть оценен в 100 миллионов тон. При этом наблюдаемая доля лубяных волокон составляет порядка 0,3% от мирового тоннажа текстильных волокон (300 тысяч тонн) [3].

В связи с данным положением существует большая неопределенность в доступности нового оборудования длинной лубяной технологической цепочки на рынке, так как машиностроительным предприятиям сложно поддерживать эту номенклатуру технологических машин в своем товарном портфеле из-за малого и нерегулярного объема заказов при подобном незначительном объеме рынка лубяного прядения. Не позднее 2010 года все оставшееся в мире производство машин для лубяной технологической цепочки, в том числе мокрого прядения, было локализовано предприятиями Китая, однако отсутствует

информация о поставках и продолжении выпуска этого оборудования в последние 5 лет. Малый объем рынка лубяного прядения также имеет следствие в виде отсутствия вторичного рынка подобного оборудования.

В этой связи коттонизацию можно считать (помимо технологических возможностей) в том числе вынужденной мерой адаптации лубяных, в том числе пеньковых волокон, для переработки на доступном оборудовании короткой (хлопковой штапельной диаграммы), на рынке которого существует широкое предложение как нового технологически совершенного оборудования, так и огромное предложение на вторичном рынке, которое позволяет также минимизировать инвестиционные затраты для освоения прядения конопляных волокон.

Отметим некоторые преимущества и недостатки использования лубяной цепочки и цепочки на основе коттонизации с точки зрения возможностей развития текстильного производства на базе конопли (таблица 1).

Таблица 1.

Преимущества и недостатки различных технологий прядения конопли (пеньки).

Технология	Коттонизация (прядение по технологии коротких штапельных волокон)	Традиционная цепочка прядения лубяных волокон
Преимущества	<ol style="list-style-type: none"> 1. Широкие возможности смешивания с хлопком и синтетическими волокнами. 2. Широкая доступность нового и б/у оборудования. 3. Возможность использования в широком ассортименте массовой текстильной продукции (джинсы и т.д.) 4. Замещение хлопка, предложение которого сокращается, цены растут. 5. Производство продукции с высоким экологическим имиджем 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Возможность производства чистых конопляных тканей 2. Производство дорогой продукции Luxury сегмента вместе со льном 3. Хорошо известная и проработанная технология
Недостатки	<ol style="list-style-type: none"> 1. Сложности производства продукции из чистого пенькового катонина (нужна смесь хлопком и иными волокнами – в меньшей мере для кольцевого, в большей – для пневмомеханического прядения). 2. Неотработанная технология прядения. 3. Потенциальные сложности использования пряжи в последующей цепочке ткачества и отделки [4], ориентированной ранее на хлопок (абразивность в ткачестве, потребность в активных красителях, отбеливании хлором, высокотемпературных процессах в отделке) 4. Необходимость возведения прядильных мощностей преимущественно кольцевого прядения с высокими CAPEX. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Невозможность смешивания лубяных волокон с иными волокнами в пряже из-за большой разницы в длине волокна. 2. Ограниченный разработанный ассортимент тканей и текстильной продукции из лубяных волокон 3. Неопределенность доступности технологического оборудования 4. Ограниченная емкость мирового рынка 5. Конкуренция с синтетической продукцией в сегменте сухого прядения (технические ткани, мешковина, и т.п.) 6. Высокая себестоимость прядения, высокая трудоемкость, сложность технического обслуживания

Для условий России следует понимать, что для краткосрочного горизонта

планирования использование коттонина ограничивается существующей прядильной мощностью и объемами производства хлопчатобумажной пряжи в России. На 2017 год объем производства пряжи в России весьма незначителен и составляет не более 58 тыс. тон. При уровне в 50% загрузки мощностей это дает оценку установленной прядильной мощности в 116 тыс. тон [3].

Существенной проблемой при этом является использование в России в основном пневмомеханического прядения, которое не допускает высокого вложения коттонина в пряжу (не более 20-30%), то есть потенциал переработки коттонина может определяться на уровне не более 12 тыс. тонн в год при инерционном текущем сценарии развития текстильного производства в России или при 24 тыс. тон при благоприятном сценарии полной загрузки мощностей, что, однако, не представляется в достаточной мере вероятным ввиду неблагоприятных факторов рынка хлопка, незаменимого для прядения коттонина по пневмомеханической технологии – дефицита на мировом рынке и высоких цен (2019 год).

Таким образом, развитие индустрии конопли, пеньковой промышленности и технологии коттонизации ставит связанную проблему развития прядильных мощностей в России, при этом для более полного использования возможностей конопляного коттонина в частности за счет более высокого процента вложения (в потенциале 50% и более) в пряжу – это должны быть современные мощности кольцевого прядения.

Технологическая цепочка коттонизации Laroche является продолжением линии производства волокна из костры этой же фирмы, основанной на технологии декорикации, обеспыливания, очистки и утончения волокна.

Линия коттонизации Laroche состоит из технологических модулей: нарезки волокна, очистки, коттонизации (разволокнения на элементарные волокна и снижения линейной плотности волокон), второй очистки и кипования (рис. 2).

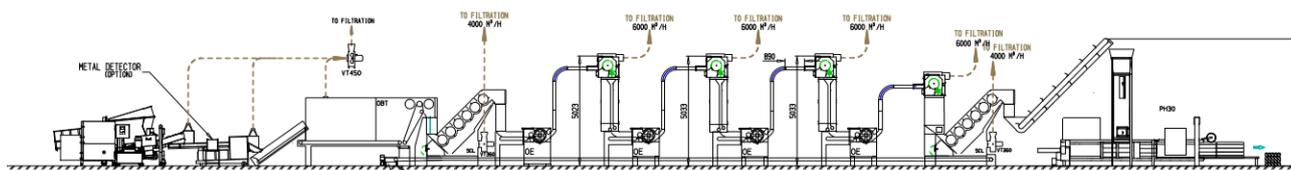
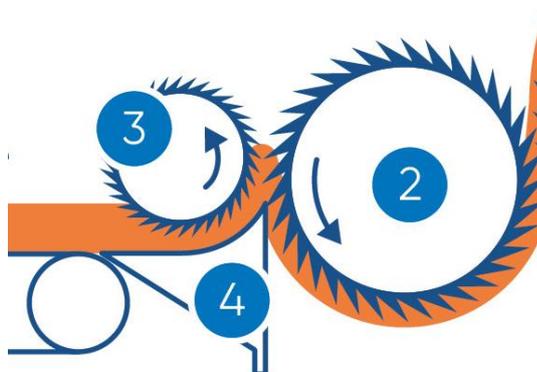


Рис. 2. Общий эскиз линии коттонизации Laroche.

Для получения качественного волокна из сырья необходимы правильный процесс мацерации и достаточная прочность на разрыв исходного сырья. При этом технологическим ядром линии коттонизации выступает модуль коттонизации EXEL с 2мя двухбарабанными коттонизаторами (всего 4 разволокняющих барабана). Схемы на рис. 3 и 4.



2 – Разволокняющий барабан, 3 – Питающий барабан, 4 – Мульдовый столик.

Рис. 3. Принцип коттонизации конопляного волокна Laroche

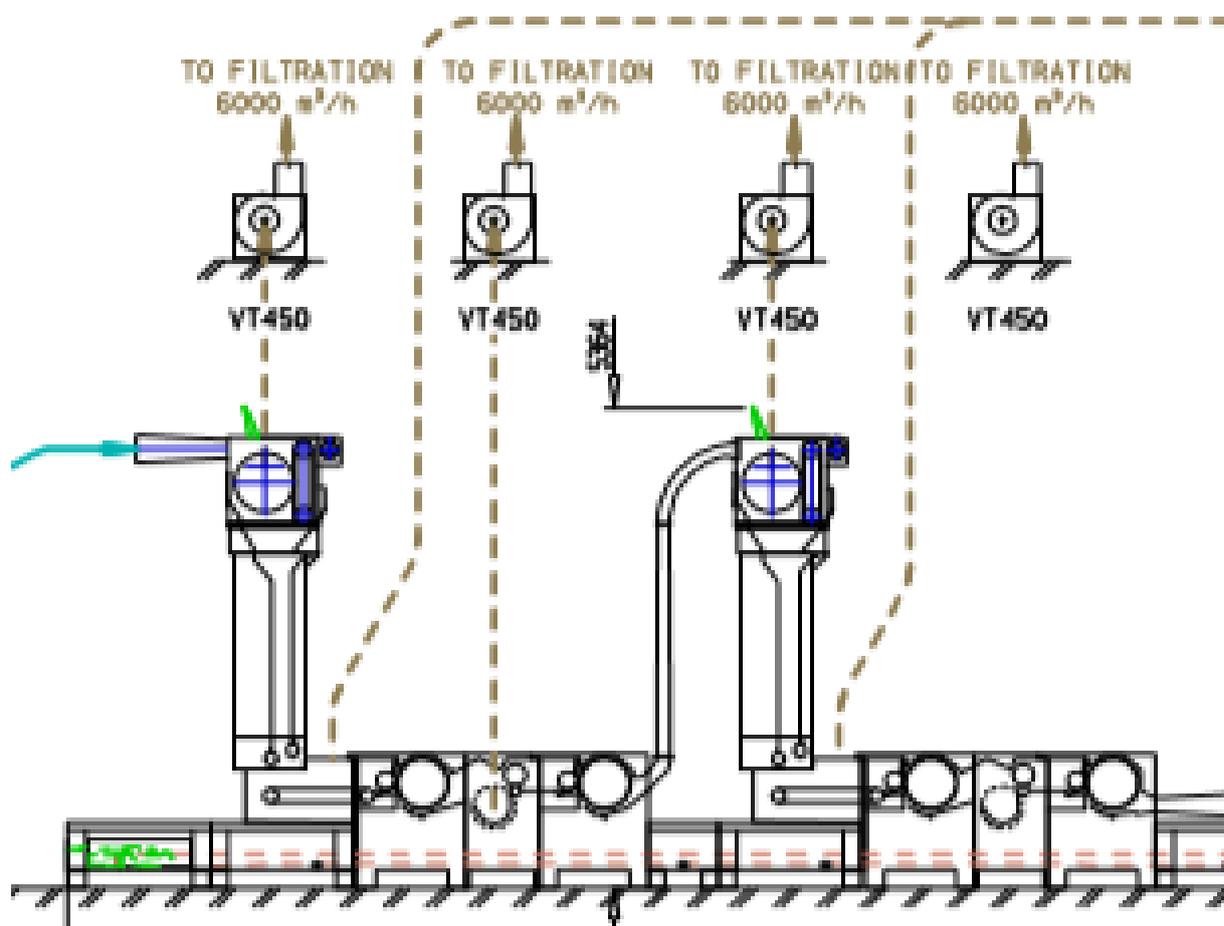


Рис. 4. Двойной модуль коттонизации EXEL фирмы Laroche.

При этом, качественные характеристики коттонизированного волокна и конечного продукта (пряжи) обеспечиваются следующими материаловедческими характеристиками пенькового волокна (таблица 2):

Таблица 2.

Сравнительная характеристика конопляного и других волокон по данным фирмы Laroche.

Волокно	Сопротивляемость на разрыв в сухом виде (сН/текс)	Кондиционная влажность (%)	Абсорбция (%)	Прирост сопротивляемости на разрыв в сухом виде (%)
Хлопок	20-60	8,5-12	14,2	10-30
Лён	40-60	12	18	5
Джут	30-60	16-18	25,4	15-25
Конопля	30-72	12	18	10-15

Таким образом, предлагается комплексный подход к реализации проектов развития производства конопляного текстиля на основе коттонизации фирмы Laroche в связке с развитием прядильных мощностей. Способом решения данных задач может быть создание технологических консорциумов под проект, куда помимо Laroche могут входить технологические и машиностроительные компании, например ведущий итальянский изготовитель прядильного оборудования фирмы Marzulli.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Балыхин М.Г. Важнейшие проблемы коммерциализации результатов интеллектуальной деятельности в высших учебных заведениях России и направления их решения / Креативная экономика. 2015. № 1 (97). С. 111-124.
2. Белгородский В.С., Генералова А.В. Технологическая платформа легкой промышленности как эффективное инновационное направление развития отрасли / Транспортное дело России. 2012. № 3. с. 25-26. 2
3. Белгородский В.С., Силаков А.В., Генералова А.В. Оценка рыночного потенциала при реализации проекта котонизации в России / Дизайн и технологии. 2018. № 67 (109). С. 106-112.
4. Квач Н.М., Тюркина Т.В., Садова С.Ф. Плазмохимическая обработка льняных тканей / Текстильная промышленность. 1995. № 1-2. С. 46.
5. Свищева Е.Г., Белгородский В.С., Генералова А.В., Седяров О.И. Предпосылки устойчивого эколого-экономического развития легкой промышленности России / Дизайн и технологии. 2016. № 54 (96). С. 92-98

ТЕХНОЛОГИЯ ЭЛЕКТРОФОРМОВАНИЯ: ИНТЕГРАЦИЯ НАУКИ И ПРАКТИКИ

ELECTROSPINNING FIBERS: HISTORY, DEVELOPMENT AND OUTLOOK

Е.С. Бокова¹, И.Ю. Филатов², И.А. Капустин¹, Г.М. Коваленко¹
I.Yu. Filatov², I.A. Kapustin¹, E.S. Bokova¹, G.M. Kovalenko¹

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

²ООО «Электроспиннинг», (Москва)

¹ Kosygin Russian State University

(Technologies. Design. Art), (Moscow)

²ООО «Electrospinning», (Moscow)

E-mail: fiu@electrospinning.ru, kapustin@bk.ru,
esbokova@yandex.ru, gregoryi84@mail.ru

В работе рассмотрены теоретические основы и перспективы использования технологии электроформования волокон (ЭФВ) для получения композиционных материалов. Проанализированы различные методы электроформования и их влияние на структуру и свойства формируемых полотен. Показаны возможности получения методом ЭФВ широкого спектра материалов: нетканые матрицы медико-биологического назначения с контролируемым выделением лекарственных препаратов, антиадгезионные волокнистые материалы для спецодежды, мембранные материалы с высокими показателями гигиенических свойств, нетканые полотна для химических источников тока.

Ключевые слова: электроформование волокон, нетканые материалы, медицинские материалы, мембранные материалы

The paper discusses the theoretical foundations and prospects of using the technology of electrospinning fibers (EPI) to obtain composite materials. Various electroforming methods and their characteristic influence on the structure and properties of the formed materials are analyzed. The possibilities of obtaining a wide range of materials by the EPI method are shown: non-woven matrices of biomedical purpose with controlled release of drugs, anti-adhesive fibrous materials for work clothes, membrane materials with high hygienic properties, non-woven fabrics for chemical current sources.

Key words: fiber electroforming, non-woven materials, medical materials, membrane materials

В реалиях развития Российской науки в последние годы, очевидно, преобладал вектор предпочтения в отношении финансирования прикладных исследований, где имеет место конкретный практический результат, обладающий большой потенциальной возможностью для внедрения. Однако в последние два года наблюдается устойчивая тенденция к возобновлению финансирования фундаментальных научных разработок, которые являются основой практико-ориентированных работ, и без которых не возможны прорывные конкурентоспособные технологии. При рассмотрении метода электроформования в этом ключе, целесообразно кратко затронуть его исторические предпосылки, теоретические основы и научные принципы реализации, а также проанализировать результаты практического применения и возможности их масштабирования и расширения.

Впервые явление струйного течения жидкости через капилляр в электростатическом поле было зафиксировано Дж. М. Бозе в 1745 году и лишь спустя 150 лет в 1902 году в США Мортонем и Колеем, были получены первые патенты на получение волокон из струи раствора, вводимого в пространство с сильным электрическим полем. В период с 1912 по 1931 год, вначале Е.Ф. Бартон и В.Б. Виганд, а затем Д. Зелени и В.А. Макки подтвердили и подробно исследовали это явление, а японским ученым в 1929 году, используя метод электроформования, впервые удалось получить из полимерных растворов искусственный шелк.

В 30-40-х годах XX века К.Л. Нортон впервые применил при электроформовании расплавы и растворы каучука и других синтетических смол, а А. Формхолс запатентовал различные виды установок для электроформования.

Параллельно с мировой наукой метод электроформования активно изучался в СССР на базе НИФХИ имени Л.Я. Карпова, где проводились работы по получению аэрозолей, а также волокон и нетканых материалов из растворов и расплавов полимеров. Здесь в 1937 году И.В. Петряновым и Н.Д. Розенблюмом под руководством Н.А. Фукса методом электроформования были получены первые волокнистые фильтрующие материалы, на которые в 1938 году было выдано авторское свидетельство [1].

Таким образом, опираясь на исторические факты, сегодня является очевидным, что русские ученые И.В. Петрянов и Н.А. Фукс несомненно являлись родоначальниками таких научных направлений как: физика аэродисперсных систем; электроформование микро и нано- волокнистых полимерных материалов; высокоэффективная фильтрация газов от аэрозолей; создание экранирующих аэрозолей.

Следует отметить, что в настоящее время методом электроформования можно перерабатывать весьма широкий круг полимеров как природного, так и синтетического происхождения, а также всевозможные смесевые композиции, сочетающие волокнообразующие полимеры, либо волокнообразующий полимер с добавками не волокнообразующего модификатора. Говоря об основных параметрах прядильных растворов, с точки зрения электрохимии, это вязкость раствора и его электропроводность, с точки зрения электрофизики - напряженность электрического поля, расстояние между электродами, объемный расход раствора. И общий объединяющий фактор - это определённый метод электроформования, который в совокупности с перечисленными рецептурно-технологическими факторами оказывает существенное влияние на сам процесс электроформования, структуру и свойства получаемых материалов и в конечном итоге определяет область их практического применения [1, 2].

Так, отличительные особенности капиллярного метода, которые тождественны его преимуществам, это управляемость процессом с помощью расхода прядильного раствора; минимальная дефектность волокон и их узкое распределение по размеру; возможность образования длинных «непрерывных» волокон и их медленная вытяжка, обеспечивающая высокие показатели физико-механических свойств. К недостаткам можно отнести: необходимость большого числа капилляров от 1 – до 10 тыс.; затруднённый подбор капилляров с равным сопротивлением; высокие требования к чистоте раствора; влияние на расход прядильного раствора давления столба жидкости в разных участках коллектора; низкая плотность струй в объеме установки, а также неровнота материала по ширине.

В случае электроформования со свободной поверхности, не зависимо от того, что используется валики, струны, коаксиальные цилиндры и др., принцип метода одинаков и не зависит от расхода полимера (на электрод подаётся столько раствора, сколько позволяют параметры процесса). Одним из самых востребованных на сегодняшний день является оборудование типа Nanospider, фирмы Elmarco. Преимуществами метода являются: саморегулирование расстояния между струями; хорошая равномерность материала (отсутствие неровноты); высокая плотность струй в объеме установки; медленная вытяжка и отвердевание. К недостаткам можно отнести активное подсыхание наружных слоев раствора; образование сгустков, гелей (для электродов в ваннах); падение производительности при росте диаметра волокон, наличие коротких волокон (при обрыве единичных струй).

При аэродинамическом методе, который является родственным методом для такой технологии получения волокон как Spunbond характерны высокая плотность струй в объеме установки; компактность формующих элементов и удобство их движения для равномерности материала; эффективное высушивание волокон в потоке воздуха. Недостатки – сильная дефектность волокон и материала, такие как утолщение волокон, образование пленок и дыр, широкое распределение волокон по размеру.

Центробежный метод, который является подвидом капиллярного способа, со значительной его интенсификацией обладает высокой производительностью формирующего элемента; компактностью формирующих элементов, что создает условия для обеспечения равномерности материалов по ширине. Недостатки – сильная дефектность волокон (утолщения) и материала (пленки, дыры), широкое распределение волокон по размеру, необходимость компенсации подсыхания раствора повышением его расхода (высокая скорость вращения, тонкий слой раствора), короткие волокна [1].

При рассмотрении методов ЭФВ, не раз был употреблен термин «дефекты», которые действительно могут иметь место в материалах, полученных тем или иным методом электроформования, например, при ухудшении качества растворителя в прядильном растворе, увеличении относительной влажности рабочей зоны при формовании, варьировании технологических параметров и др. Однако, такие дефекты не всегда следует рассматривать в прямом понимании этого слова. Зачастую дефекты как самих волокон, наличие в них пустот и неровностей, так и дефекты материала в целом, например, широкое распределение волокон по размерам, является необходимым условием для придания материалам специальных свойств, облегчения модификации, удержания модифицирующих добавок на поверхности волокна, увеличения удельной поверхности и гетеропорозности и т. д.

Так, сочетание слоёв микро- и нановолокон необходимо для получения высокоэффективных воздушных фильтрующих материалов, а также основ синтетической кожи (для которой важна гетеропорозность), волокна малой плотности необходимы для медицинских и биологических матриц, дефектные волокна с включением плёнок – для мембранных материалов одежды и обуви [3, 4].

Если абстрагироваться от преимуществ и недостатков каждого конкретного метода электроформования, а взять за основу возможность использования в качестве прядильных растворов широкого круга полимеров, многообразие структурных параметров - диаметра волокон, их распределения по размерам, наличия или отсутствия дефектов в самих волокнах и в материале, то очевидно, что в методе электроформования заложен огромный потенциал и многовариантность реализации принципа направленного структурообразования, заключающегося в тесной взаимосвязи трех составляющих состав – структура – свойства.

Для подтверждения этого постулата необходимо проанализировать современный научный интерес к технологии электроформования, а также динамику изменения этого интереса с привлечением наукометрии, основными источниками для которой являются современные базы цитирования, такие как Web of Science, Scopus, Google Academy и др.

Так в отношении метода электроформования обработка статистических данных по ключевым словам и понятиям показала, что в настоящее время пик публикационной активности пройден, а научное сообщество, работающее в этой области, вышло на так называемое «плато эффективности» (рис. 1), что позволяет говорить о сформированности научных школ.

Результаты наукометрии – это цифры, в дополнение к которым необходима информация по существу. Анализ публикаций по технологии электроформования позволяет выделить несколько наиболее емких областей, в которых в настоящее время ведутся научные и практико-ориентированные работы, как в России, так и за рубежом. Это аэрозольные фильтры для защиты от радионуклидов и отравляющих веществ; фильтры для сепарации жидкостей (топлив, масел); материалы биологического назначения (матрицы для выращивания клеток); текстильные материалы медицинского и санитарно-гигиенического назначения; мембранные материалы; материалы для химических источников тока и др. (рис.2) [2-5].

Основными участниками Российского консорциума, участвующих в разработках в рамках технологии электроформования выступают такие организации как: ООО «Технологии электроформования», МИРЭА - Российский технологический университет, Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», Московский

государственный университет имени М.В. Ломоносова, Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина, Институт элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова Российской академии наук и др.

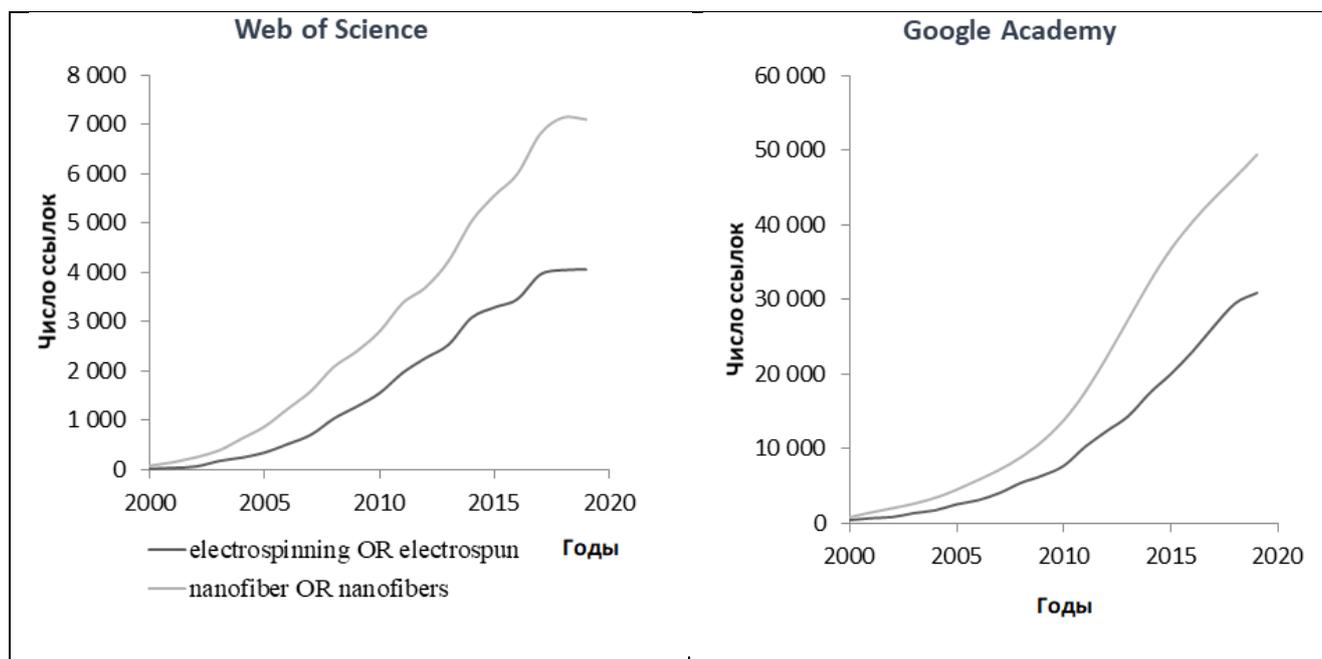


Рис. 1 Активность публикаций по технологии электроформования: а – публикационная активность в базе Web of science; б – публикационная активность в базе Google Academy



Рис. 2 Научный интерес к ЭФВ процессу. Основные направления публикаций

В их число входит Российский государственный университет им. А.Н Косыгина, на базе которого, совместно с ООО «Технологии электроформования» за период с 2014 по 2019 год было защищено более 10 диссертаций на соискание ученой степени кандидатов технических наук и 1 докторская диссертация.

Метод ЭФВ активно применяется при создании материалов медико-биологического назначения: раневые повязки с контролируемым выделением лекарственных препаратов, а также нетканые матрицы для культивирования клеток. Данное научное направление курирует проф. Кильдеева Н.Р.

Всё больший интерес вызывает применение нановолокон и материалов для получения сепарационных материалов: для химических источников тока и фильтрации топлив и масел. Руководитель направления д.х.н., проф. Филатов Ю.Н.

Поскольку получение нановолокон, а затем нетканых материалов относится к области текстильных материалов, немаловажным направлением является создание «умных» материалов, таких как основы для синтетической кожи с высокими показателями гигиенических свойств, мембранные одежные материалы, элементы для материалов санитарно-гигиенического назначения. Разработками в этой области руководит д.т.н., проф. Бокова Е.С.

За этими направлениями, помимо использования метода электроформования, стоят серьезные научные разработки в области модификации прядильных растворов, применения ранее не использованных смесевых композиций, дополнительной модификации уже готовых нетканых материалов методами пропитки, поверхностной обработки, дублирования, комбинирования и т.д. Все это в совокупности позволяет в рамках одной технологии создавать огромное число разнообразных по свойствам и функциональному назначению материалов для различных областей применения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Филатов Ю.Н. Электроформование волокнистых материалов (ЭФВ-процесс). Москва: Нефть и газ, 1997, 297 с.
2. Elena S. Bokova, Grigory M. Kovalenko, Maria Pawlowa, Ksenia S. Bokova, Nataliya V. Evsyukova. Modification of polyurethane solutions by means of a hard depositor for fiber production by the electrospinning method. *FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe* 2018; 26, 6(132), pp. 55-59
3. Ponomarev, I.I., Ponomarev, I.I., Filatov, I.Y., Filatov, Y.N., Razorenov, D.Y., Volkova, Y.A., Zhigalina, O.M., Zhigalina, V.G., Grebenev, V.V., Kiselev, N.A. Design of electrodes based on a carbon nanofiber nonwoven material for the membrane electrode assembly of a polybenzimidazole-membrane fuel cell. *Doklady Physical Chemistry*, Volume 448, Issue 2, 2013, Pages 23-27
4. Lavrentev, A.V., Bokova, E.S., Kovalenko, G.M., Filatov, I.Y., Shchurov, P.M. Electrospinning of fibrous materials from modified polyurethane solutions. *Fibre Chemistry*, Volume 44, Issue 3, September 2012, Pages 153-156
5. Sokolov, V.V., Kildeeva, N.R., Filatov, I.Y., Filatov, Y.N. Development of a locally anesthetizing wound dressing based on eudragit RS ultrathin fibers. *Fibre Chemistry*, Volume 45, Issue 2, July 2013, Pages 74-78

ПРОБЛЕМЫ ГЕНЕРИРОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ ИСТОРИЧЕСКИХ КОСТЮМОВ С ПОМОЩЬЮ ТЕХНОЛОГИИ РЕВЕРСИВНОГО ИНЖИНИРИНГА

PROBLEMS OF HISTORICAL COSTUME DIGITAL REPLICA GENERATING BY MEANS OF REVERSE ENGINEERING TECHNOLOGY

В.Е. Кузьмичев¹, А.Ю. Москвин², Д.С. Адольф³, Чжан Шичао⁴
V.E. Kuzmichev, A.U. Moskvin, D.C. Adolphe, Zhang Shichao

¹Ивановский государственный политехнический университет

²Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

³Университет Верхнего Эльзаса, (Франция)

⁴Уханьский текстильный университет, (Китай)

¹Ivanovo State Polytechnic University

²Sankt-Petersburg State University of industrial technologies and design

³Haute-Alsace University, ENSISA, (France)

⁴Wuhan Textile University, (China)

E-mail: wkd37@list.ru, lelikn2@mail.ru,
dominique.adolphe@uha.fr, 569642835@qq.com

Рассмотрены факторы, под влиянием которых цифровизация исторического костюма качественно меняет масштабы его использования в социокультурном пространстве. Приведены примеры разнообразных подходов к получению цифровых реплик исторических костюмов с использованием существующего оборудования и информационных технологий. Показаны преимущества технологии реверсивного инжиниринга, достигаемые на основе формирования новых баз знаний о текстильных материалах, чертежах деталей, конструкции и структуре костюмов и применения систем автоматизированного проектирования и компьютерно-графических пакетов.

Ключевые слова: исторический костюм, цифровой двойник, текстильный материал, фигура, реверсивный инжиниринг

The article explores the factors due to the numerical digitalization of historical costume can greatly change its spreading and shearing in contemporary cultural society. Different approaches of digital replica of historical costume generating in terms of contemporary instruments and IT were considered. The advantages of reverse engineering technology which can be achieved by applying new data bases devoted to textile materials, patterns, construction and structure of historical costume, CAD and computer-graphics software were shown.

Key-words: historical costume, digital replica, textile material, human body, reverse engineering

История костюма является основным элементом в культурном ландшафте европейского и российского обществ. Исторический костюм выступает в роли этнического, религиозного, территориального индикатора, является объектом национальной культуры и тесно связан с историей традициями и каждого народа. В аспекте мировой культуры исторический костюм, как ее глубочайший пласт, является неиссякаемым источником творчества для специалистов в области проектирования, создания новейших художественно-конструктивных решений и изготовления современной одежды. Исторический костюм выполнял и выполняет решающую роль в формировании европейской культурной идентичности. Не случайно, в 2018 году, который был объявлен в Европе годом культурного наследия и котором приняли участие 37 стран, был проявлен высокий интерес к объектам культурного наследия, включая исторический костюм, благодаря большому количеству мероприятий [1].

Параллельное использование в культурном и научном обороте исторического костюма с признаками высокой художественно-конструктивной выразительности и современных аналогов сопряжено с несколькими проблемами, решение которых лежит в области цифровизации [2,3].

Во-первых, проведение выставок материальных костюмов сопряжено со значительными материальными затратами и рисками. По этой причине известные мировые музеи - Музей Виктории и Альберта (The Victoria and Albert Museum, Лондон), Университет искусств Лондона (University of the Arts of London), Метрополитан музей искусства (Metropolitan Museum of Art, Нью-Йорк) и Музей костюма Киото (The Kyoto Costume Institute, Япония) переводят часть своих экспозиций в виртуальную среду. Новые формы виртуальных презентаций кардинально изменяют границы мирового выставочного пространства и вовлекают в него новое поколение людей, ориентированное на удовлетворение культурных запросов в цифровой форме.

Во-вторых, традиционные экспозиции исторических костюмов демонстрируют зрителю лишь видимый результат — объемно-силуэтную форму с видимыми художественно-конструктивными решениями — и не позволяют видеть их внутреннее устройство, зачастую довольно сложное с инженерной точки зрения, без которого невозможен законченный процесс восприятия исторического костюма как объекта художественного и инженерного творчества. Фактически демонстрируемый исторический костюм является "черным ящиком". Поэтому поиск новых форм экспозиций, позволяющих демонстрировать внутреннее устройство костюма, необходим для стимулирования зрителей и исследователей к активному вовлечению в процесс его формообразования.

В-третьих, исторический костюм, изготовленный из натуральных текстильных материалов, является одним из самых уязвимых объектов культурного наследия. Его утрата может оказаться невозможной ввиду невозможности создания копий материалов и(или) незнания особых приемов формообразования и изготовления. Компьютерные технологии могут значительно изменить содержание труда реставратора исторических костюмов, особенно тех его вариантов, которые утратили часть своих элементов. При наличии мощных баз данных о конструкции исторического костюма трудоемкий ручной труд реставратора может быть адаптирован к технологиям реверсивного инжиниринга, позволяющим в условиях недостаточности информации об объекте в целом выполнять его реконструкцию с высокой степенью адекватности. На основании исследования исторических аналогов исторических костюмов, например, из выбранного временного периода и сохранившихся руководств по конструированию и технологии изготовления, можно определить способы, с помощью которых реально воспроизвести точную цифровую реплику частично утраченного исторического костюма. Поэтому применение метода реверсивного инжиниринга применительно к историческому костюму позволит решить проблему сохранения исторического наследия.

В-четвертых, музейные фонды России и Франции содержат большое количество экспонатов, которые недоступны для зрителей в настоящее время. Для введения в культурный оборот цифровых двойников необходимы знания и понимания принципов послойного формирования внешнего облика исторического костюма, что возможно сделать с помощью современных технологий.

В-пятых, зачастую единственным источником информации об историческом костюме является его графическое 2D изображение, количество которых неизмеримо больше по сравнению с сохранившимися материальными объектами. Чтобы воспроизвести 3D форму по 2D изображению исторического костюма, необходимы качественно иные подходы, начиная с анализа изображений, идентификации количественных признаков текстильных материалов и формы и заканчивая воссозданием невидимого конструктивного устройства. Поэтому проблема проектирования по схеме 2D → 3D применительно к историческому костюму пока не решена.

Решение перечисленных проблем за счет замены материальных костюмов их цифровыми репликами позволит повысить доступность исторического костюма для исследования, подражания и источника творчества для развития художественно-конструкторских и инженерных решений.

Современная практика презентации исторических костюмов в виртуальной реальности основана на применении 3D технологий предметной фотосъемки и сканирования.

Предметная 3D фотосъемка (т.н. "360") заключается в выполнении серии фотографий костюма в различных ракурсах, объединении фотографий с помощью специализированного программного обеспечения в «поворачиваемое изображение», которое становится интерактивной презентацией исторического костюма. Пользователь имеет возможность рассмотреть костюм в различных ракурсах и увеличить отдельные фрагменты. Такие изображения популярны во многих интернет-магазинах одежды, применяющих системы для 3D фотосъемки Carracity, mode360, webrotate 360, Shutter Stream 360, Sirv и др.

3D сканирование позволяет получать точные цифровые копии одежды – цифровые двойники – с помощью бесконтактной измерительной системы, состоящей из светового или лазерного сканера и программы для обработки данных. В результате сканирования получают координаты «облака точек» на поверхности костюма, на основе которых программное обеспечение создает трехмерную модель. Для этого широко применяют системы Vitronic Vitus 3D Body Scanner, Staramba 3D INSTAGRAPH, Fit3D Proscanner, Artec Shapify Booth.

Достоинствами обеих технологий являются высокая скорость получения цифровых двойников одежды на фигуре человека и их адекватность прототипу. Однако использование таких технологий в другой области - истории костюма и моды - ограничено хорошо сохранившимися историческими костюмами. Получаемые цифровые двойники являются твердотельными объемно-пространственными объектами, не допускающими рассмотрение под внешней оболочкой скрытого конструктивного устройства и внутренних структурных взаимосвязей, существующих между элементами исторических костюмов. Поэтому современные технологии получения цифровых реплик мало пригодны для исторических костюмов.

Актуальным направлением, устраняющим недостатком рассмотренных подходов, является воссоздание цифровых двойников исторических костюмов с применением совершенно иных технических средств - систем автоматизированного проектирования (САПР) и компьютерно-графических пакетов (КГП). Эти системы широко применяют в современном цифровом проектировании одежды благодаря богатому инструментарию для выполнения всех этапов проектирования изделия в виртуальной среде, а также для инженерно-обоснованного и фотореалистичного прогнозирования внешнего вида одежды. Применение технологий непараметрического и параметрического 2D конструирования, 3D проектирования, виртуальной примерки и фотореалистичной визуализации имеет значительный потенциал в создании цифровых копий утраченных и поврежденных исторических костюмов. Однако для его реализации этого направления необходимо провести обширные исследования и разработать научно-обоснованную методологию и новые базисы данных, обеспечивающие пользователей полными знаниями обо всех элементах системы "аватар исторической фигуры - исторический костюм".

Цифровизация музейных коллекций исторических костюмов является важной научно-технической задачей, которая решается за счет расширения возможностей современных цифровых технологий и их применении для реставрации, консервации исторических артефактов и документирования архивных материалов.

Первое направление включает создание онлайн-коллекций исторических костюмов на основе 2D и 3D предметной фотосъемки хорошо сохранившихся артефактов, такие экспозиции созданы в университетах и колледжах преимущественно США и Канады: Государственном Университете Огайо (Ohio State University, США), Колледже Вассар (Vassar College, США), Консорциум пяти колледжей (the Five College Consortium, США), Университете Drexel (США), Университете Ryerson (Канада). Значительное количество коллекций исторического костюма представлено различными музеями в рамках проекта Google Arts & Culture. Эти коллекции цифровых двойников в значительной степени модернизируют традиционные подходы к сохранению и демонстрации исторической одежды за счет применения мультимедиа технологий. Однако, экспозиции изделий выполнены в

форматах 2D и "360" фотографий, что значительно уменьшает их культурно-просветительский потенциал и ограничивает возможности демонстрации в иных форматах виртуальной реальности.

Второе направление также реализовано для хорошо сохранившихся исторических костюмов и включает их оцифровывание и презентацию с помощью трехмерной компьютерной графики. Безусловно, это расширяет возможности экспозиций в современных форматах цифровых сред. Проект «Новое платье императрицы», выполненный в University of the Arts of London (Великобритания), демонстрирует применение САПР для реконструкции платья XVIII в. с высокой точностью, компьютерной анимации и реалистичной симуляции свойств исторических текстильных материалов. Экспозиция «Римская улица», выполненная студией 3D моделирования CtrlArt (Польша), является удачным примером использования дополненной виртуальной реальности в интерактивной демонстрации исторической одежды для широкой аудитории. Новые подходы к ретроспективной демонстрации одежды в трехмерном виртуальном экспозиционном пространстве применены в разработке Valentino Garavani Museum (Италия).

Третье направление основано на применении САПР. Исследователи из Drexel University (США) используют методы 3D моделирования исторических изделий путем их восстановления по историческим чертежам и последующего надевания на аватар фигуры. Сотрудники Leeds University (Великобритания) выполнили ряд разработок в области виртуальной и реальной реконструкции исторического костюма в статике и динамике. В лаборатории MiraLAB (Швейцария) разработан метод трехмерного моделирования формы исторической одежды и симуляции её разных силуэтов с учетом показателей свойств текстильных материалов. Показатели свойств материалов, использовавшиеся в различные исторические периоды, с последующим получением их цифровых двойников изучают в Польской Академии Науки (Polish Academy of Sciences, Польша) и Музее Лондона (The Museum of London, Великобритания).

В Российской Федерации пока нет удачных вариантов виртуальных музейных экспозиций. Безусловно, что развитие и поддержка таких исследований необходима с разных точек зрения: научной, культурной и социальной.

Таким образом, основными недостатками существующих технологий и реализующих их программных продуктов являются следующие ключевые характеристики:

- низкая реалистичность виртуальных двойников и их несоответствие прототипам исторических костюмов;
- отсутствие цифровых баз данных о текстильных и сопутствующих материалах исторического костюма;
- отсутствие программного обеспечения для генерирования цифровых двойников 3D исторические костюмов.

Сохранение нынешнего состояния хранения и экспозиции исторических костюмов может привести к следующим негативным последствиям:

- снижение их востребованности,
- исключение из мирового цифрового пространства,
- нарушение социокультурных связей между поколениями,
- падение интереса молодых исследователей,
- уменьшении числа культурных контактов между странами,
- снижении общей культуры.

Кроме того, может возникнуть разрыв между созданием современной одежды, проектирование которой в настоящее время полностью переведено в цифровую среду, и пока неоцифрованными базами знаний об особенностях проектирования исторической одежды, в которой аккумулирован многовековой опыт и которая содержит огромное количество интересных инженерных решений.

Для цифровизации культурного наследия используют компьютерные технологии, разработанные для проектирования трехмерных объектов, включая современную одежду. С

их помощью получают одноканальные видео и цифровые изображения, созданные методами компьютерной 2D и 3D графики и анимации (в том числе, генеративные и алгоритмические); видео- и фотодокументацию исторических перформансов в музейном и публичном пространстве (вне галерей и музеев); художественные интернет-проекты для виртуальной и смешанной реальности (Virtual and Augmented Reality); живые аудиовизуальные и интерактивные мультимедийные перформансы.

Цифровизацию исторических костюмов следует рассматривать как научную разработку, отсылающую к социальным аспектам науки и творчества (Art and Science).

Технологии для оцифровывания исторических костюмов только формируются в настоящее время и уверенно можно констатировать следующие очевидные направления их развития:

–переход от простых реплик однослойной одежды, надеваемой непосредственно на аватар фигуры, к конструктивно сложным историческим костюмам, носимых как на теле, так и каркасах (например, кринолине). Такие костюмы представляют собой многослойные конструкции, пространственная форма которых является результатом синергетического эффекта, возникающего под влиянием пластики фигуры, поведения текстильного материала, действия гравитационных сил и каркасирующих элементов. Воспроизведение таких форм костюма базируется на мультидисциплинарном подходе, объединяющим антропологию, текстильное материаловедение, физическое и геометрическое моделирование, механику твердых и анизотропных сред, IT;

– повышение реалистичности цифровых двойников исторической одежды;

– виртуальная презентация цифровых двойников в статике и динамике с реалистичной передачей пластики текстильных материалов;

– презентация цифровых двойников исторических костюмов не в виде твердотельных визуально непроницаемых объектов (как в случае материальных музейных экспонатов), а в виде прозрачной системы "аватар исторической фигуры - исторический костюм" с возможностью осмотра структуры и структурных связей между всеми элементами, обеспечивающими объемно-пространственную форму.

Перечисленные проекты и исследования сформировали самостоятельное научное направление по цифровизации исторических костюмов благодаря применению современных технологий (САПР, виртуальная примерка и 3D сканирование). Однако получаемые цифровые двойники копируют костюмы с относительно простым конструктивным устройством, из одного -двух слоев материала. Возможности современных компьютерных технологий позволяют перейти к цифровому проектированию многослойной одежды с различными составляющими пакета текстильных материалов. Для получения цифровых двойников сложной исторической одежды необходимы дополнительные знания обо всех элементах системы "аватар исторической фигуры - исторический костюм", включая информацию о внешнем виде, конструктивном устройстве, материалах и технологиях изготовления, взаимосвязях между внутренними структурными элементами. Наличие таких знаний существенно расширит круг решаемых задач - от копирования сохранившихся объектов до восстановления формы поврежденных и утраченных изделий с высокой точностью и исторической достоверностью. Безусловно, оба направления обогатят историческое культурное наследие.

Использование современных САПР одежды ограничено базами данных и знаний, сгенерированных для современных фигур, текстильных материалов и схем формообразования одежды. Попытки использования существующих компьютерных технологий показали их ограниченность для виртуальных презентаций исторических костюмов. Поэтому для работы с историческими костюмами необходим иной подход и иное информационное и программное обеспечение в условиях недостаточной информации о его элементах.

Законченных научных, технических и технологических решений для получения цифровых двойников исторического костюма, которые симулировали бы его, составляющих

его текстильных материалов и каркасирующих элементов адекватное поведение в виртуальной среде, **в настоящее время нет**. Поэтому использование технологий реверсивного инжиниринга для получения цифровых реплик исторических костюмов является новым направлением и носит пионерский характер.

На кафедре конструирования швейных изделий ИВГПУ совместно с Санкт-Петербургским государственным университетом промышленных технологий и дизайна накоплен уникальный опыт по цифровизации исторических костюмов и созданию аватаров исторических фигур с корсетной формой [4-7]. Можно констатировать, что в настоящее время российские исследователи занимают лидирующие позиции в получении реалистично-выглядящих цифровых реплик исторических костюмов. Например, полные тексты наших статей, опубликованные в журналах, индексируемых в Web of Science, входят в топ-листы популярных статей и были скопированы и прочитаны иностранными учеными:

название статьи	год публикации	показатели интереса	
		количество прочтений	количество загрузок
Computer reconstruction of 19th century trousers[4]	2017		1655
Virtual reconstruction of historical men's suit [6]	2018	936	635
Research on 3D reconstruction of Late Victorian riding skirts [5]	2018		136
Digital replicas of historical skirts [7]	2019	80	

ИВГПУ имеет центр цифровых технологий в дизайне одежды и современное программное обеспечение для решения как традиционных, так и нестандартных задач. Примером нестандартных решений, разработанных в ИВГПУ, являются уникальные компьютерные программы:

— для распознавания стилевых особенностей исторической одежды на основе распознавания образов 2D графических изображений и определения времени ее создания (software for recognition particular stylistic elements and fashionable details to date clothing) [8];

— для моделирования аватаров женских фигур с измененной пластикой под влиянием компрессионного воздействия корсетов, деформирующего мягкие ткани. В этой программе реализованы научные основы преобразования твердотельных аватаров в мягкотельные;

— для симуляции сенсорной реакции аватаров человеческих фигур в виртуальной среде на давление одежды.

Кроме этого, выполнена большая работа по систематизации материальных исторических костюмов разных периодов.

Уникальность такого применения технологии реверсивного инжиниринга вытекает из необходимости развития нового научного направления по компьютерной реконструкции исторического костюма как актуального междисциплинарного направления, объединяющего антропологию, текстильное материаловедение, физическое и геометрическое моделирование, механику твердых и анизотропных сред и ИТ. Для получения цифровых копий костюмов необходимы:

– новые методы воспроизведения исторического костюма и перемещение уникальных материальных объектов в виртуальную среду он-лайн экспозиций с помощью мультимедиа.

– новые методы реконструкции аватаров исторических фигур, каркасов для одежды (кринолин, панье и др.), самой одежды, которые позволят получать цифровые двойники исторической женской и мужской одежды.

– три вида программного обеспечения 2D CAD, 3D CAD и 3D CG (computer graphics), а также собственные разработки.

Результаты нового научного направления откроют новые пути для виртуальной реконструкции, реставрации, консервации и экспозиции исторического костюма в трехмерном формате.

Таким образом, использование технологии реверсивного инжиниринга для разработки цифровых двойников исторического костюма позволит достичь следующих результатов:

— перевод и сохранение в цифровой форме материальных образцов исторических костюмов как части богатейшего культурного наследия каждой нации;

— обеспечение музейно-выставочных комплексов новым видом информационных услуг в виде виртуальных экспозиций исторических костюмов, полученных методами послойного моделирования и цифровой реконструкции исторического костюма и всех элементов системы "аватар исторической фигуры - исторический костюм";

— предоставление научно-исследовательским организациям новых и эффективных методов и средств для проведения исследований с историческим костюмом и его реконструкцией методами реверсивного инжиниринга;

— разработка научной методологии получения реалистично выглядящих цифровых двойников фигур, текстильных тканей, одежды, позволяющих переходить к созданию новых видов научно-технической продукции на основе новых баз знаний и правил;

— создание дополнительных условий для осознания национальной идентичности подрастающим поколением и формирование цифровых духовных скрепов;

— разработка новых образовательных программ высшего образования для подготовки магистров и аспирантов.

Работа выполняется по гранту № 05.616.21.0113 в форме субсидий ФЦП "Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы" и Партнерской программы Юбера Кюрьена - А.Н. Колмогорова с участием научно-исследовательских организаций и университетов Франции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Council of Europe. European Year of Cultural Heritage [Электронный ресурс] // europa.eu: [сайт]. URL: http://europa.eu/cultural-heritage/about_en (дата обращения: 05.09.2019)
2. Martin, M. Heritage narratives in the digital era: How digital technologies have improved approaches and tools for fashion know-how, traditions, and memories // Research Journal of Textile and Apparel. 2018. doi:10.1108/RJTA-02-2018-0015
3. Kirkland, A. Sharing Historic Costume Collections Online // Dress.2015 doi:10.1080/03612112.2015.1130394
4. Kuzmichev, V., Moskvin, A., Moskvina, M., Surgenko, E. Computer reconstruction of 19th century trousers // International Journal of Clothing Science and Technology, 2017, 29 (4),594-606. doi:10.1108/IJCST-12-2016-0139
5. Kuzmichev, V., Moskvin A., Moskvina M., Pryor Jane. Research on 3D reconstruction of Late Victorian riding skirts. International Journal of Clothing Science and Technology, 2018, 30 (6),790-807. doi:10.1108/IJCST-12-2017-0192
6. Kuzmichev, V., Moskvin A., Moskvina M. Virtual Reconstruction of Historical Men's Suit // AUTEX Research Journal, 2018, 18(3), 281-294. doi:10.1515/aut-2018-0001
7. Moskvin, A., Kuzmichev, V., Moskvina, M. Digital replicas of historical skirts //The Journal of The Textile Institute, 2019 <https://doi.org/10.1080/00405000.2019.1621042>
8. Е, Хунгуан (Ye Hongguang). Разработка метода компьютерного распознавания плечевой одежды костюмной группы: дис. канд. техн. наук: 05.19.04 - Технология швейных изделий. Иваново. 2009. 323 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРИ ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ВОЛОКНИСТЫХ САМОРЕГУЛИРУЮЩИХСЯ СИСТЕМ

THE USING OF ECONOMIC INDICATORS IN EVALUATING THE QUALITY OF INTELLECTUAL FIBER SELF-REGULATING SYSTEMS

Е.В. Мезенцева
E.V. Mezentseva

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

Представлено исследование влияния экономической составляющей при оценке теплоизоляционных показателей нетканых материалов с эффектом само- и терморегуляции в составе комплектов одежды на термоманекене в режиме движения, а также при движении и перспирации. Проанализировано изменение полезного эффекта объекта исследования с учетом экономических показателей.

Ключевые слова: нетканые материалы, результирующая общая теплоизоляция, потеющий термоманекен, «Newton», интегральный показатель, комплект одежды, утеплитель, умная одежда, экономический показатель, интеллектуальная волокнистая система, IFS, полиакрилатные волокна.

A study is presented on the influence of the economic component in evaluating the performance of thermal insulation of nonwovens with the effect of self- and thermoregulation as part of clothing sets on a sweating thermal manikin in the movement mode, as well as in the mode of movement and sweating. The change in the beneficial effect of the object of study, taking into account economic indicators.

Keywords: nonwoven materials, resulting general thermal insulation, sweating thermal manikin, “Newton”, integral indicator, clothing set, insulation, smart textiles, smart clothing, economic indicator, intelligent fiber system, IFS, polyacrylate fibers.

Целью настоящего исследования является оценка качества теплоизоляционных нетканых материалов различного волокнистого состава с учетом интегрального показателя.

Объектом исследования являются нетканые объемные теплоизоляционные материалы, полученные методом термоскрепления.

Предметом исследования является применение экономических показателей при оценке качества теплоизоляционных показателей нетканых материалов Холлофайбер® (производства ООО «Термопол») в составе комплектов одежды с применением 20 зонного термоманекена «Ньютон», США [1] в режиме движения, а также при движении и перспирации.

С целью изучения теплоизоляционных показателей качества нетканых материалов, применялась методика ГОСТ ISO 15831 [2], но с учетом расширенных возможностей испытательного оборудования.

Оценка качества объектов исследования заключалась в сравнении различных по волокнистому составу (рис. 1), но идентичных по геометрическим свойствам нетканых материалов в составе комплектов одежды [3, 4, 5, 6]. Все комплекты одежды имели одинаковые ткани. Поверхностная плотность нетканых теплоизоляционных материалов составляла 150 г/м² (2 слоя), что позволило реализовать принцип многослойности для теплоизоляционного слоя и увеличить количество инертного слоя воздуха, заключенного между слоями [7, с. 7].



Рис. 1 – Волокнистый состав теплоизоляционных нетканых материалов в исследуемых комплектах одежды

В комплектах одежды № 1, № 2, № 3 использовался «универсальный» принцип распределения теплоизоляционных нетканых материалов. В комплекте одежды № 4 применялся принцип «зонированного» распределения теплоизоляционных нетканых материалов [8, 9, 10, 11, 12].

«Зонированный» принцип распределения теплоизоляционных нетканых материалов в комплекте одежды позволяет учесть физиологические особенности терморегуляции человеческого организма.

В неблагоприятной внешней среде, организм человека сосредотачивает свои усилия на сохранении неизменного уровня температуры ядра тела (рис. 2) для обеспечения температурного гомеостаза внутренних органов [13]. Таким образом «зонированный» принцип распределения различных по своим свойствам и составу нетканых теплоизоляционных материалов позволяет обеспечивать максимальную защиту там, где это более необходимо.

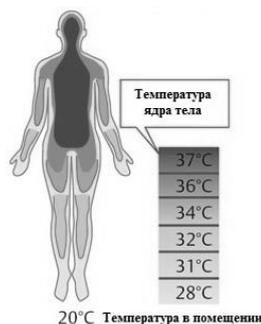


Рис. 2 – Температура тела человека [14, р. 227]

В комплекте одежды № 1 в качестве теплоизоляционного слоя применялся нетканый материал из полиэфирных волокон. В комплектах одежды № 2, 3, 4 в качестве теплоизоляционного слоя применялись нетканые материалы с эффектом саморегуляции и терморегуляции. Терморегуляционный эффект обеспечивается структурой нетканых теплоизоляционных материалов, саморегуляционный эффект обеспечивается за счет наличия в материалах особых инновационных полиакрилатных волокон в различном процентном соотношении, которые обладают свойством выделения тепла при увлажнении, а также быстрым отведением избыточной влаги из пододежного пространства.

В таб. 1. представлены заданные режимы стендовых испытаний.

Таблица 1

Режимы проведения испытаний на термоманекене в климатической камере

Показатель	Значение
Температура окружающей среды (T_a), °C	10,00
Относительная влажность воздуха (RH), %	60,00
Скорость ветра (v_a), м/с	0,40
Общая площадь поверхности корпуса манекена (A), м ²	1,81

Стоимость полиакрилатных волокон превышает стоимость полиэфирных волокон (рис. 3) [14, 15].

В таб. 2. представлена условная стоимость нетканых материалов в комплектах одежды.

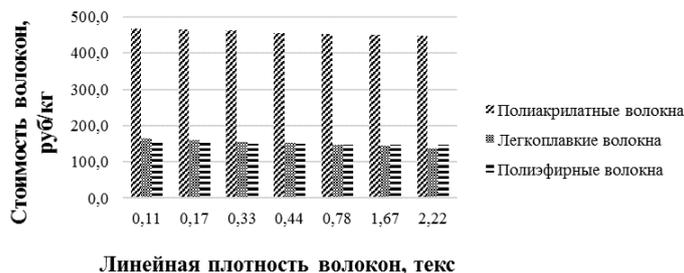


Рис. 3 – Условная стоимость волокон, руб/кг

Таблица 2

Условная стоимость теплоизоляционных нетканых материалов в комплектах одежды	
Комплект одежды	Условная стоимость, руб/(5 пог.м)
№ 1	168,45
№ 2	290,85
№ 3	414,55
№ 4	229,65

В результате проведения испытаний на термоманекене в режиме движения, а также при движении и перспирации были определены значения результирующей общей теплоизоляции для каждого комплекта одежды (I_{tr}), °С·м²/Вт (рис. 4а, 5а), как среднего арифметического результатов 2-х испытаний: серийного и параллельного (формула 1):

$$I_{tr} = \sum_i f_i \left[\frac{(T_{si} - T_a) \cdot a_i}{H_{ci}} \right] \quad (1)$$

где: f_i – доля общей площади поверхности корпуса термоманекена, представленная площадью поверхности сегмента i (формула 2).

$$f_i = \frac{a_i}{A} \quad (2)$$

T_{si} - значения показателей температуры поверхности сегментов корпуса термоманекена, °С;

a_i - площади поверхностей отдельных сегментов термоманекена, м²;

H_{ci} – подача теплового потока на сегменты термоманекена, Вт.

Качество продукции - это в том числе и экономическая категория [16, с. 242], представим данные результирующей общей теплоизоляции комплектов одежды, с учетом условной стоимости теплоизоляционных нетканых материалов, (рис. 4б, 5б), для этого вычислим интегральный показателя качества I (формула 3), который с определенной долей условности, позволяет связать качество и стоимость [16, с. 243].

$$I = \frac{\mathcal{E}}{(Z_c + Z_3)} \quad (3)$$

где: \mathcal{E} – суммарный полезный эффект от эксплуатации или потребления материала, или продукции [16, с. 243] (в данном случае результирующая общая теплоизоляция);

Z_c и Z_3 – суммарные затраты на создание и эксплуатацию (потребление) материалов или продукции [16, с. 243] (в данном случае условная стоимость теплоизоляционных нетканых материалов, таб. 1).

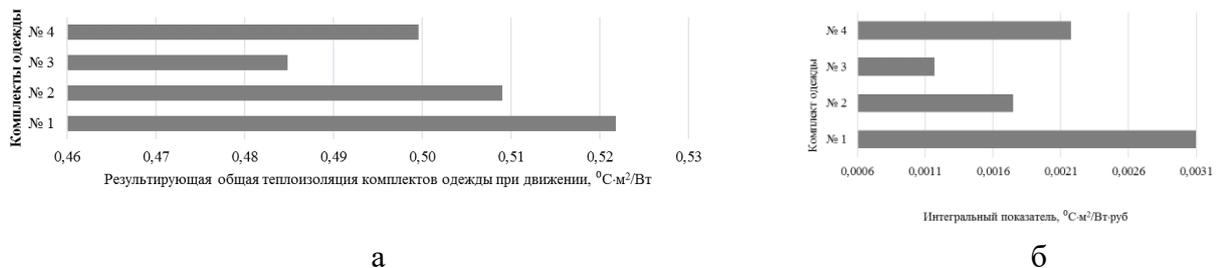


Рис. 4: а – Результирующая общая теплоизоляция комплектов одежды при движении, °C·м²/Вт; б – Интегральный показатель качества, °C·м² /Вт·руб

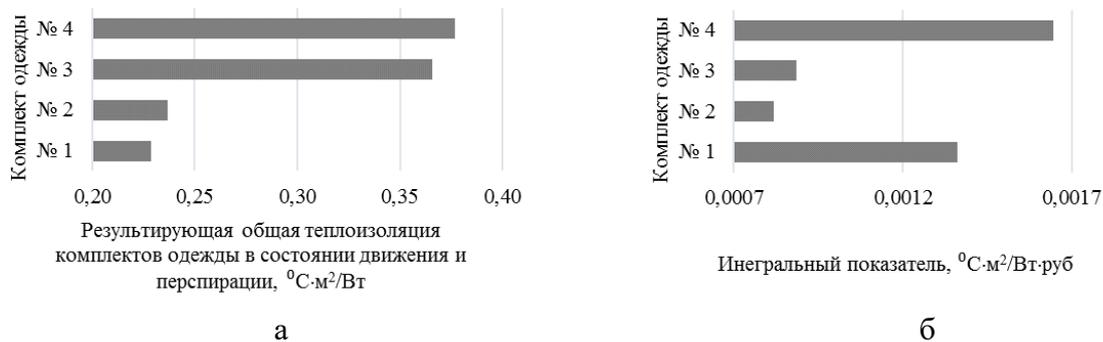


Рис. 5: а – Результирующая общая теплоизоляция комплектов одежды при движении и перспирации, °C·м²/Вт; б – Интегральный показатель качества, °C·м² /Вт·руб

Сравним соотношения показателей результирующей общей теплоизоляции и интегрального показателя комплектов одежды (рис. 6, 7).

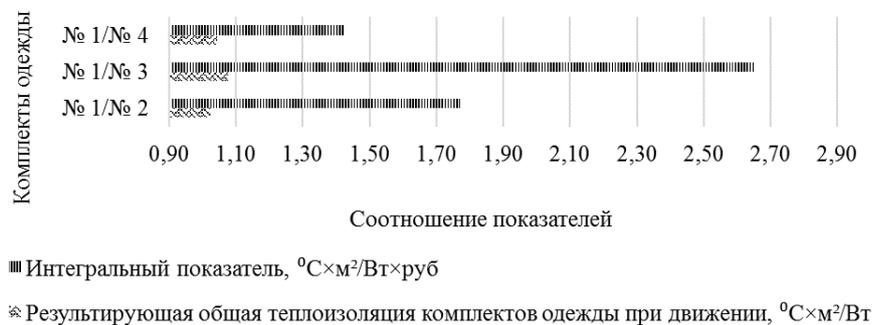


Рис. 6 - Соотношения показателей результирующей общей теплоизоляции при движении и интегрального показателя комплекта одежды № 1 с комплектами одежды № 2, № 3, № 4.

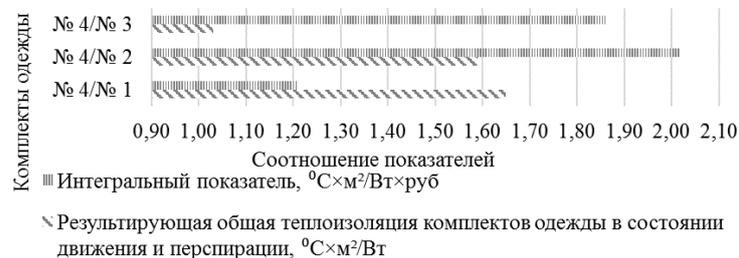


Рис. 7 - Соотношения показателей результирующей общей теплоизоляции в состоянии движения и перспирации и интегрального показателя комплекта одежды № 4 с комплектами одежды № 1, № 2, № 3.

Согласно полученным данным, можно сделать следующие выводы.

Из рис. 4 видно, что при оценке теплоизоляции в режиме движения комплект одежды № 1 показывает наилучший результат, в том числе и с учетом интегрального показателя (0,522 °C·м²/Вт). Таким образом нетканые теплоизоляционные материалы, состоящие только

из полиэфирных волокон, обеспечивают наилучшие теплоизоляционные свойства при движении, в сухом состоянии. При этом разница показателя результирующей общей теплоизоляции комплектов одежды без учета интегрального показателя не велика и составляет не более чем в 1,08 раза (отношение результирующей общей теплоизоляции комплектов № 1 и № 3). С учетом интегрального показателя эта разница увеличивается до 2,65 раза. Это обусловлено более высокой стоимостью полиакрилатных волокон, по сравнению с полиэфирными волокнами.

В режиме измерения результирующей общей теплоизоляции при движении и перспирации, показатели исследуемых комплектов одежды изменяются (рис. 5). Лучший результат наблюдается у комплекта одежды № 4 (0,377 °С·м²/Вт), худший у комплекта одежды № 1 (0,229 °С·м²/Вт), данные комплекта одежды № 4 больше № 1 в 1,65 раза. При расчете интегрального показателя эта разница снижается до 1,21 раза. Более высокие показатели результирующей общей теплоизоляции в комплектах одежды № 2, 3, 4 обеспечиваются наличием само- и терморегуляционных слоев.

Обратная ситуация наблюдается при оценке соотношения показателей комплектов одежды № 4 и № 2. Разница результирующей общей теплоизоляции между этими комплектами составляет 1,59 раза, при расчете интегрального показателя разница увеличивается до 2,02 раза, в следствие «универсального» принципа распределения нетканых теплоизоляционных материалов в комплекте одежды № 2 и более экономичного, «зонированного» принципа в комплекте одежды № 4.

Результирующая общая теплоизоляция комплекта одежды № 4 больше результирующей общей теплоизоляции комплекта одежды № 3 в 1,03 раза, при этом интегральный показатель больше в 1,86 раза (повышается). То есть без учета экономической составляющей теплоизоляционные свойства комплектов одежды № 3 и № 4 схожи, однако более высокая стоимость нетканого материала для комплекта одежды № 3 делает его использование нецелесообразным.

Использование интегрального показателя в оценке теплоизоляционных свойств нетканых материалов в составе комплектов одежды при стендовых испытаниях на термоманекене при движении, а также при движении и перспирации позволило, оценить эффективность нетканых теплоизоляционных материалов, в том числе обладающих свойствами само- и терморегуляции с учетом экономической составляющей.

Согласно полученным результатам испытаний и анализа данных, выявлено, что с точки зрения эффективности теплоизоляционных свойств с учетом условной стоимости нетканых материалов, наиболее предпочтителен «зонированный» принцип использования теплоизоляционного слоя. Так, в зоне ядра тела и его ближайшего окружения (область головы, груди, спины, бедер, плеч) целесообразно использование наиболее эффективных с точки зрения теплоизоляции нетканых материалов с целью обеспечения температурного гомеостаза внутренних органов. Во всех остальных зонах допустимо применение эффективных с точки зрения теплоизоляционных свойств, но более экономичных материалов. Такой принцип позволяет создавать максимально эффективную утепленную одежду с учетом не только теплоизоляционных свойств, но и экономической составляющей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Gao Ch., Holmér I. (2006). Initial, Transient and Steady State Evaporative Resistance of Impermeable Protective Clothing. *Thermal Manikins and Modelling. Sixth international thermal manikin and modelling meeting (6I3M)*, pp.253-261.
2. ГОСТ ISO 15831-2013 Одежда. Физиологическое воздействие. Метод измерения теплоизоляции на термоманекене. – Введ. 2014-07-01. – М.: ОАО «ВНИИС», 2013.
3. Мезенцева, Е.В. Выбор определяющих показателей качества теплоизоляционных нетканых материалов эвристическим методом / Е.В. Мезенцева, Ю.В. Мишаков // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности, № 1. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна. – 2019.

4. Готовкина, М. С., Мезенцева Е. В. Маркетинговый анализ конъюнктуры рынка теплоизоляционной верхней зимней одежды (на примере Курской и Белгородской областей) // Научный результат. Технологии бизнеса и сервиса. 2018. Т. 4, № 4.
5. Иванов, В.В. Научные исследования как неотъемлемый фактор внедрения инноваций (на примере деятельности заводов нетканых материалов «Термопол», Холлофайбер™ / В.В.Иванов, Е.В. Мезенцева // XX международный научно-практический форум Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX-2017): матер.форума, 22-26 мая 2017 года. – Иваново: ИВГПУ, 2017. – С.25-31.
6. Мезенцева, Е.В. Утепленная верхняя одежда: социологический анализ предпочтений Россиян / Е.В. Мезенцева, В.Ю. Мишаков, М.С. Готовкина // Дизайн и технологии, № 65(107). М.: РГУ им. А.Н. Косыгина. - 2018 – С. 122 – 130.
7. Афанасьева, Р.Ф. Гигиенические основы проектирования одежды для защиты от холода. М.: Легкая индустрия, 1977. – 137 с.
8. Иванов, В.В. Одежда – это теплоизоляция [Электронный ресурс] / В.В. Иванов, Е.В. Мезенцева. – Электрон. текстовые дан. – Москва: Аргументы и Факты, 2019. – режим доступа к журн.: https://e-mm.ru/b2b/brand/3598/hollofajber/article/4778/odezhda_jeto_teploizolyaciya/
9. Мезенцева, Е.В. Вопросы термоизоляции одежды: что делать? Как делать? / Е.В. Мезенцева, В.В. Иванов, В.Ю. Мишаков // Легкая промышленность Курьер. – 2018. - № 7. – С.16-17.
10. Мезенцева, Е.В. Перспективные подходы к повышению термоизоляционных свойств одежды: «следующие шаги», технологии, инновации / Е.В. Мезенцева, В.В. Иванов, В.Ю. Мишаков. // XXI международный научно-практический форум Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX-2018): матер.форума, 26-28 сентября 2018 года. – Иваново: ИВГПУ, 2018. – Ч.2. – С.82-87.
11. Мезенцева, Е.В. Современные технологические подходы к повышению теплоизоляционных свойств утепленной одежды / Е.В. Мезенцева, В.В. Иванов, В. Ю. Мишаков // Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ-2018): сборник материалов Международной научно-технической конференции. Часть 1. – М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2018. – 160-164 с.
12. Kasturiya, N., Subbulakshmi, M., Gupta, S. and Raj, H. (1999). System Design of Cold Weather Protective Clothing. *Defence Science*, 49(5), pp.457-464.
13. Silbernagl, S. (2015). *Color Atlas of Physiology* (6th ed., p. 441). Stuttgart: Thieme.
14. Мезенцева, Е.В. Инновационные методы создания термоизоляционных саморегулирующихся волокнистых систем в «умной одежде» // XXI международный научно-практический форум Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX-2018): матер.форума, 26-28 сентября 2018 года. – Иваново: ИВГПУ, 2018. – Ч.2. – С. 78-81.
15. Мезенцева, Е.В. Современные модификации сырья для текстильных полотен / Е.В. Мезенцева, В.В. Иванов // Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ-2018): сборник материалов Международной научно-технической конференции. Часть 2. – М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2018. – 113-116 с.
16. Кирюхин, С.М. Текстильное материаловедение: учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений / С.М. Кирюхин, Ю.С. Шустов. – М: Колосс, 2011. – 360 с.

**РАЗРАБОТКА «НЕТКАНЫХ ИНКУБАТОРОВ» ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ РАССАДЫ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТХОДОВ
ЛЬНОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВ**

**DEVELOPMENT OF NON-WOVEN "INCUBATORS" FOR GROWING SEEDLINGS OF
CROPS USING WASTE FLAX PROCESSING INDUSTRIES**

Ю.М. Трещалин^{1,3}, М.Ю. Трещалин²
Yu.M. Treschalin¹, M.Yu. Treschalin²

¹Научно-исследовательский технологический центр

²Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

³Ивановский государственный политехнический университет

¹R&D Scientific Center

²Lomonosov Moscow State University

³Ivanovo State Polytechnic University

E-mail: center@souzlegprom.ru, mtreschalin@mail.ru

В статье рассматривается возможность использования нетканых синтетических материалов для выращивания рассады сельскохозяйственных культур с применением в качестве органического удобрения отходов переработки льна. Проводится сравнение различных вариантов «нетканых инкубаторов» и схем посева семян. Дается описание проекта теплицы, основными элементами которой являются композиционные материалы на нетканой основе.

Ключевые слова: лен, костра, нетканый материал, волокна, схема посева, семена, теплица, композиционный материал.

The article discusses the possibility of using non-woven synthetic materials for growing seedlings of agricultural crops using flax processing waste as an organic fertilizer. Comparison of various options for "non-woven incubators" and options for planting seeds. A description of the greenhouse project, the main elements of which are non-woven composite materials, is given.

Keywords: flax, campfire, non-woven material, fibers, sowing scheme, seeds, greenhouse, composite material.

В Поручениях Президента РФ В.В. Путина Правительству Российской Федерации по итогам совещания «О мерах по развитию легкой промышленности в Российской Федерации», состоявшегося 24 августа 2017 года в г. Рязань, отмечается необходимость предусмотреть в рамках Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия, формирование подпрограммы, направленной на обеспечение лёгкой промышленности качественным сельскохозяйственным сырьем. При этом в первую очередь должно получить свое развитие льноводство и переработка льна на основе передовых технологий.

Успех развития льноперерабатывающего комплекса во многом зависит от научно-технического обеспечения и дальнейшего расширения ассортимента текстильных изделий целевого назначения, что позволит организовать практически безотходные производства, использующие лен в качестве сырья. В частности, разработка проектов эффективной утилизации значительного количества костры, получаемой при первичной обработке льна, является задачей своевременной и актуальной.

Одним из вариантов использования отходов льнопереработки может быть создание «инкубаторов» для выращивания сельскохозяйственных культур на основе нетканых синтетических материалов. Такой подход позволит не только увеличить выпуск нетканых полотен целевого назначения, но и применяя костру как удобрение, производить плодоовощную продукцию в регионах, где нет в достаточном количестве плодородной почвы (горы, вечная мерзлота, пустыни).

Как показала практика, костра хорошо удерживает влагу, оберегает грунт от выщелачивания в сезон проливных дождей, создает защиту от агрессивных солнечных лучей, а также служит как утеплитель для растений в закрытом грунте [1 - 3]. В состав костры входит марганец, калий, фосфор, кальций, кремний и много других микроэлементов, насыщающих почву питательными веществами [4]. Кроме того, лен является природным средством по борьбе с фитопатогенами без использования пестицидов. Он поглощает и удерживает влагу в три раза больше собственного объема, постепенно отдавая ее и питая корни растений [5]. Это дает возможность сократить число поливов, а значит уменьшить количество используемой воды, снизить энерго- и трудозатраты.

Целью исследования является сопоставление темпов произрастания семян, посеянных в нетканом материале, без внесения в его структуру отходов льнопереработки и с размещением коротковолокнистой и измельченной составляющих костры внутри порового пространства нетканого изделия.

1. Разработка нетканых «инкубаторов» на основе нетканого полотна

Предварительно перед посевом производилась обработка костры, которая заключалась в разделении волоконных и твердых частиц, а также не значительном их помоле. Идея сепарации предполагает различный целевом подход: короткое льняное волокно предполагается к использованию не только в виде органического удобрения, но и в качестве элемента разрабатываемых новых текстильных материалов, теплоизоляции одежды и мульчирования почвы, а микрочастицы кусочков соломы предназначены для внедрения в поровое пространство нетканого материала, являясь питательной средой для семян в процессе их всхожести и дальнейшего развития растений.

В качестве испытуемого выбран материал «Холлофайбер СОФТ», поверхностной плотностью 200 г/м², имеющий достаточно высокие прочностные характеристики и пористость, позволяющие свободно развиваться корневой системе и, в то же время, удерживать в вертикальном положении растения по мере их роста.

Основным граничным условием, определяющим схему посева, являлось превышение геометрических размеров семени практически всех сельскохозяйственных культур, размера единичной поры нетканого полотна, имеющего даже минимальную поверхностную плотность. В связи с этим применялись два способа посева:

1. Посевной участок состоял из двух слоев нетканого материала: нижнего подстилающего слоя, на поверхности которого была расположена не сепарированная костра, и верхнего, представляющего собой три прямоугольных параллелепипеда, на каждый из которых по периметру наносилась измельченная костра без волоконистой составляющей (Рисунок 1а). Затем на одну из боковых граней сеялись семена (зеленые точки на Рисунок 1а), и эта грань прижималась к соседнему параллелепипеду, на поверхности которого семян не было. Нижними гранями параллелепипеды устанавливались на верхнюю удобренную поверхность подстилающего слоя.

2. Для размещения по возможности большего количества органических питательных веществ, материал по толщине раздвигался на три части, образуя три глубокие борозды (Рисунок 1б). Смысл трехбороздного разделения состоит в том, что в каждую из борозд насыпается костра, а посев производится только в центральную (среднюю) борозду. Таким образом, две боковые борозды служат только для помещения органической питательной среды (костры) для будущего растения.

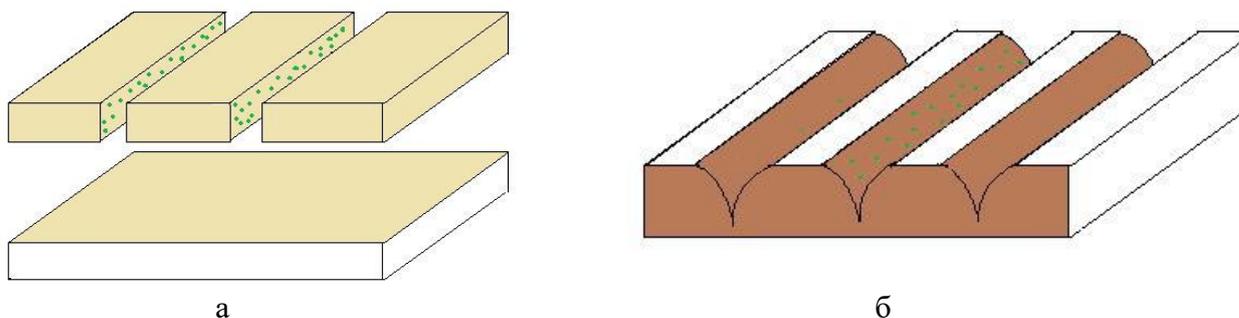


Рисунок 1 – а - схема посевного участка по первому способу; б – схема посевного участка по второму способу

При этом исследовались три варианта трехбороздных образцов (Рисунок 2):

- без костры;
- материал, в бороздах которого находятся только измельченные твердые частицы костры (Рисунок 2а);
- материал, в глубине борозд которого находится волокнистая составляющая, а сверху насыпались измельченные твердые частицы костры (Рисунок 2б).



а



б

Рисунок 2. Варианты трехбороздных образцов: а – в бороздах находится только измельченные твердые частицы костры; б - глубине борозд находится волокнистая составляющая, а сверху насыпались измельченные твердые частицы костры.

По первому и по второму (трехбороздные образцы) способам в «нетканые инкубаторы» были посеяны семена перца и укропа. Для сравнения по аналогичным схемам произведен посев в нетканый материал без костры.

Контроль темпов произрастания семян проводился ежедневно. По итогам наблюдений можно отметить, что в нетканом материале с добавлением костры развитие растений было более интенсивным при равных условиях, чем без ее наличия (Рисунок 3).



а

б

Рисунок 3: а – произрастание семян, посеянных по первому способу; б – произрастание семян, посеянных по второму способу.

2. Разработка «нетканых инкубаторов» на основе «шариков» «Холлофайбер ПАФС»

По сравнению с неткаными полотнами, пусть даже небольшой поверхностной плотности, материал «Холлофайбер ПАФС» не является средой, образованной взаимозацеплением множества волокон (мононитей), а представляет собой самостоятельные упругие пористые структуры. И если основой «нетканого инкубатора» будут такие «шарики», то следует ожидать уменьшение сопротивления развитию корневой системы растений и корнеплодам (например, редис, репа, редька и т.п.);

При подготовке «нетканых инкубаторов» «Холлофайбер ПАФС» использовался как в виде производимых компанией «Термопол» «шариков», так в разволокненном состоянии.

С целью сопоставления интенсивности произрастания семян в материале «Холлофайбер ПАФС» с добавлением и без добавления волокнистой и измельченной составляющих костры (льняной пыли), подготовка «нетканых инкубаторов» для посева редиса (сорт «Французский завтрак») и укропа (сорт «Аллигатор») проводилась по схемам, представленным в Таблице 1.

Таблица 1

Сырьевой состав нетканых «инкубаторов»

№ «нетканого инкубатора»	Вид нетканого «инкубатора» (смесь компонентов указаны в % по объему)	Вид растения
1	«Холлофайбер ПАФС» - 100%.	Редис
2	Смесь: - «шарики» «Холлофайбер ПАФС» - 50%; - льняная пыль - 50%.	Редис
3	«Холлофайбер ПАФС» - 100%.	Укроп
4	Смесь: - «шарики» «Холлофайбер ПАФС» - 50%; - льняная пыль - 50%.	Укроп
5	Смесь: - разволокненные «Холлофайбер ПАФС» - 50%; - короткое льняное волокно - 50%.	Редис
6	Смесь: - разволокненные «Холлофайбер ПАФС» - 50%; - короткое льняное волокно - 50%.	Укроп

Смесь «Холлофайбер ПАФС» с льняной пылью и коротким льноволокном осуществлялась механическим перемешиванием. При этом следует отметить высокую

степень однородности состава полученного нетканого «инкубатора», как на момент посева, так и в процессе последующих наблюдений.

Наблюдения показали, что наиболее активно растения развиваются в среде с наличием примеси костры (Рисунки 4). В то же время, очевидно, что ростки укропа в образце № 3 полностью завяли, а редис, посеянный в «шарики» «Холлофайбер ПАФС» (образец № 1), менее развит по отношению к нетканым «инкубаторам» с добавлением костры. Это можно объяснить не только отсутствием питательных веществ, но и низкой способностью синтетических материалов удерживать влагу.



Рисунок 4 – Интенсивность прорастания семян в нетканых «инкубаторах» через неделю после посева

По результатам проведенного эксперимента можно сделать следующие выводы:

- добавление измельченной костры (короткие волокна или измельченные твердые частицы стебля) в однородном сочетании с синтетическими высокопористыми материалами позволяет создать среду, способствующую интенсивному прорастанию семян без применения грунта, торфа или иных традиционно используемых органических и минеральных веществ;

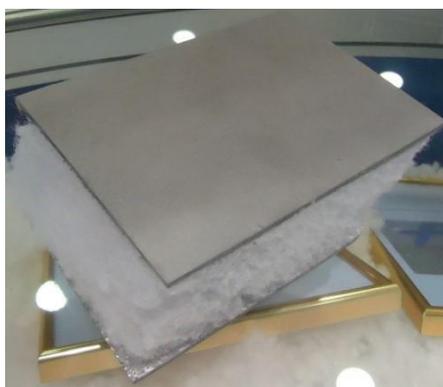
- смесь разволокненных «Холлофайбер ПАФС» с коротким льняным волокном обладает большей плотностью по сравнению с соединением «шариков» «Холлофайбер ПАФС» и льняной пыли и более соответствует естественным условиям выращивания сельскохозяйственных культур;

- из рассмотренных способов совместного использования нетканых изделий и льняной костры (нетканое полотно, «шарики» «Холлофайбер ПАФС») для нужд растениеводства наиболее эффективно для использовать разволокненные «шарики» «Холлофайбер ПАФС»;
- применение нетканых полотен независимо от способа их соединения с кострой не целесообразно для посева (посадки) корнеплодов и может применяться для растений, имеющих тонкие корни;
- применение «нетканых инкубаторов» дает возможность частично или полностью утилизировать отходы льноперерабатывающих текстильных производств.

Учитывая потенциальную возможность расширения ассортимента и увеличения количества выпускаемых нетканых полотен за счет использования их на предприятиях по выращиванию различных растений, а также утилизацию значительного количества отходов льнопереработки для насыщения кострой нетканых посевных площадей для круглогодичного **получения** более высокого урожая в теплицах предлагается следующая структурно-функциональная схема создания опытного тепличного сооружения.

В основании такой теплицы расположены созданные на основе нетканых полотен сэндвич-панели, используемые в качестве теплоизоляционного и водонепроницаемого слоя между грунтом и внутренним помещением, где проращиваются семена (Рисунок 5а). Панели монтируются между двумя швеллерами (Рисунок 5б), высота внутренней части которых равна толщине панели. Швеллеры устанавливаются на одну из полок и жестко соединяются между собой пластинами (Рисунок 5в). Все элементы конструкции изготавливаются из композитов на нетканой основе.

Твердые, пропитанные связующим верхняя и нижняя поверхности «сэндвичей» не позволяют влаге проникать внутрь порового пространства и в тоже время за счет высокой плотности применяемых для этой цели нетканых материалов есть возможность расположить ящики, которые также изготавливаются из композитов на нетканой основе (Рисунок 5г), в которые помещается «нетканый инкубатор», непосредственно на внешней поверхности основы теплицы.



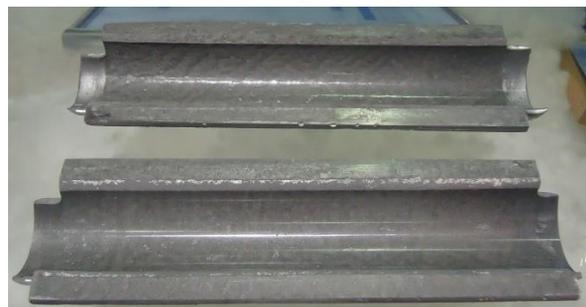
а



б



в



г

Рисунок 5 - Элементы теплицы, изготовленные из композитов на нетканой основе: а - теплоизоляционная сэндвич-панель; б – швеллер; в – пластина; г - ящики для посева семян.

Для выращивания рассады (например, помидоры, перец и т.п.) ящики могут располагаться в несколько этажей. Последующие ряды ящиков располагаются (подвешиваются) один над другим по вертикали. Над каждым рядом проходит водопроводная труба с форсунками, через которые производится полив растений.

В заключении необходимо отметить, что проект тепличного сооружения с использованием нетканых материалов включает в себя дополнительные технологические аспекты, касающиеся возможности круглогодично выращивания сельскохозяйственных культур. Наиболее эффективна предлагаемая разработка для использования в пустынях, горных районах и на Крайнем Севере.

ЛИТЕРАТУРА

1. Электронный ресурс. – Режим доступа: <http://lenzavod-pruzhany.by/produktsiya/kostra-lna>
2. Электронный ресурс. – Режим доступа: <http://remontzhilya.ru/kostra-v-stroitelstve.html>
3. Электронный ресурс. – Режим доступа: <http://www.postroil.com/stroitelnye-materialy/8694-gde-mozhno-ispolzovat-kostru.html>
4. Электронный ресурс. – Режим доступа: <https://studfiles.net/preview/1977776/page:3/>
5. Электронный ресурс. – Режим доступа: <http://blagodatmir.ru/good10518>

**НОВЫЙ СПОСОБ ФОРМИРОВАНИЯ 3D ОРТОГОНАЛЬНЫХ ТКАНЕЙ,
ВИРТУАЛЬНАЯ РЕАЛЬНОСТЬ И 3D ПЕЧАТЬ**

**NEW WAY OF FORMING 3D ORTHOGONAL FABRICS, VIRTUAL REALITY AND 3D
PRINTING**

А.П. Гречухин, П.Н. Рудовский
A.P. Grechukhin, P.N. Rudovsky

Костромской государственный университет
Kostroma State University
E-mail: niskstu@yandex.ru

В статье рассматриваются вопросы применения технологий виртуальной реальности и 3D печати в процессе проектирования технологии создания 3D ортогональных тканей. Представлен новый способ формирования 3D ткани. Отличительная особенность технологии – отсутствие встречных систем перевозочных нитей.

Ключевые слова: 3D ткань; виртуальная реальность; 3D печать

The article discusses the use of virtual reality and 3D printing technologies in the process of designing the technology of creating 3D orthogonal fabrics. A new method of 3D fabric formation is presented. A distinctive feature of the technology is the absence of counter systems of binder yarns.

Keywords: 3D fabric; virtual reality; 3D printing

Композиты широко используются при изготовлении лёгких и прочных деталей, заменяя собой металлы, во многих изделиях. Они используются в авиации, ракетостроении, машиностроении, производстве космической и военной техники, медицинской техники, протезов, при изготовлении спортивного инвентаря и пр.

Развитие многих отраслей новой техники способствует тому, что уже сегодня существует острая потребность в инновационных конструкционных материалах, обладающих улучшенными физико-механическими свойствами (прочностью, пластичностью, термостойкостью и пр.) в сочетании с невысоким удельным весом. Поэтому следует выделить композиционные материалы на волокнистой основе, занимающие значительное место среди конструкционных материалов в высокотехнологичных отраслях промышленности.

Потребность в инновационных материалах для всех отраслей экономики велика и также велик разброс в свойствах требуемого материала. Во всех отраслях, которые связаны с разработкой новой техники или совершенствованием существующих разработок, одним из немногих способов улучшения характеристик является снижение веса изделия. Этому может в значительной мере способствовать создание новых материалов на волокнистой основе. Создание самых современных образцов техники (самолеты, подводные лодки, ракеты) предполагают использование композитов для улучшения тактико-технических характеристик.

Трехмерные изделия на тканой основе могут стать хорошей базой для создания новых материалов, т.к. расслаивающие нагрузки практически отсутствуют ввиду отсутствия выраженных слоев материала.

Мы предлагаем усовершенствованную технологию трехмерных ортогональных тканей, которые, помимо всего прочего, за счет минимального количества перегибов нитей, обладают большей прочностью (15-20 % - за счет того, что энергия удара или силовое воздействие на материал распространяется на большую площадь) [1,2].

Анализ системы заправки нитей известных ранее способов формирования трехмерной ортогональной ткани показал, что расположение механизма прокладывания вертикальных

уточных нитей в зоне «бердо – устройство для сматывания нитей основы» может привести к «растаскиванию» нитей и отходу их от зоны формирования, что, в свою очередь, приведет к большим усилиям, требуемым берду для создания необходимой плотности слоев. При этом требуемая плотность слоев может быть не достигнута. Такой факт может стать решающим ограничением при формировании изделий сложного профиля. Поэтому установка механизма прокладывания в зоне «бердо – опушка ткани» имеет определенные преимущества и является рациональной для разрабатываемой системы заправки нитей. При этом крайне важно определить параметры этой зоны, обеспечивающие не только компактность механизма, но и возможность прокладывания горизонтальных нитей утка.

Цикл формирования ткани по предлагаемой технологии [3] состоит из восьми этапов. Рапира перемещает нити вертикальной в верхнее положение. Затем прокладывается кромочная нить, фиксирующая вертикальную систему нитей. Далее нити вертикальной системы возвращаются в исходное состояние. После этого прокладываются нити утка. Далее нити утка фиксируются кромочной нитью. Затем нити утка возвращаются в исходное положение и после этого происходит перемещение нитей к опушке ткани.

Отличительная особенность технологии – отсутствие встречных систем перевязочных нитей (binder, z-yarn). Перевязка осуществляется одной системой нитей (вертикальный уток). Это дает возможность более плотной укладки слоев, возможность использовать перевязочные нити в качестве армирующих (увеличить их линейную плотность) и использовать технологию для получения изделий сложного и переменного профиля. При этом достигается трехмерное равномерное армирование материала, т.к. перевязочные нити могут быть по линейной плотности одинаковыми с нитями основы и горизонтального утка.

Перемещение механизмов происходит от сервопривода ASDA2 (Delta Electronics) мощностью 400Вт через трапецеидальные винт и гайку с шагом 3 мм.

Традиционно технологическая оснастка ткацкого оборудования изготавливается из различных металлов. При проектировании новых технологических процессов или изделий может возникнуть необходимость быстрой корректировки конструкции элементов технологической оснастки. В случае, когда она изготавливается из металла, это займет значительное время и потребует существенных финансовых ресурсов. Тем более, когда речь может идти об очень ограниченном количестве продукции. Одним из возможных путей устранения изложенных трудностей может стать технологическая оснастка из пластика, изготовленная на 3D принтере. В качестве технологии 3D печати возможно использование технологии **FDM** (Fused deposition method), т.е. методом послойного наплавления. Данная технология одна из самых доступных по стоимости оборудования и расходных материалов в настоящее время.

Создано несколько вариантов распределительных решеток, берда, различных вращающихся направляющих и прокладчиков для различных систем уточных нитей. При этом следует отметить, что простые по форме изделия типа бердо и распределительные решетки можно печатать без проблем на принтере с одним экструдером. Все детали для опытных образцов напечатаны из ABS пластика, который хорошо поддается постобработке и шлифуется до гладкой поверхности. Все это позволило значительно снизить время на реализацию проекта.

Возможно создание полых конструкций. Это позволяет по-новому взглянуть на процесс разработки технологической оснастки. Здесь уже очень актуальна печать двумя материалами (с растворимой поддержкой). Конструкторские решения в таком случае могут быть представлены на совершенно другом уровне. Пример реализации представлен на рис. 1.

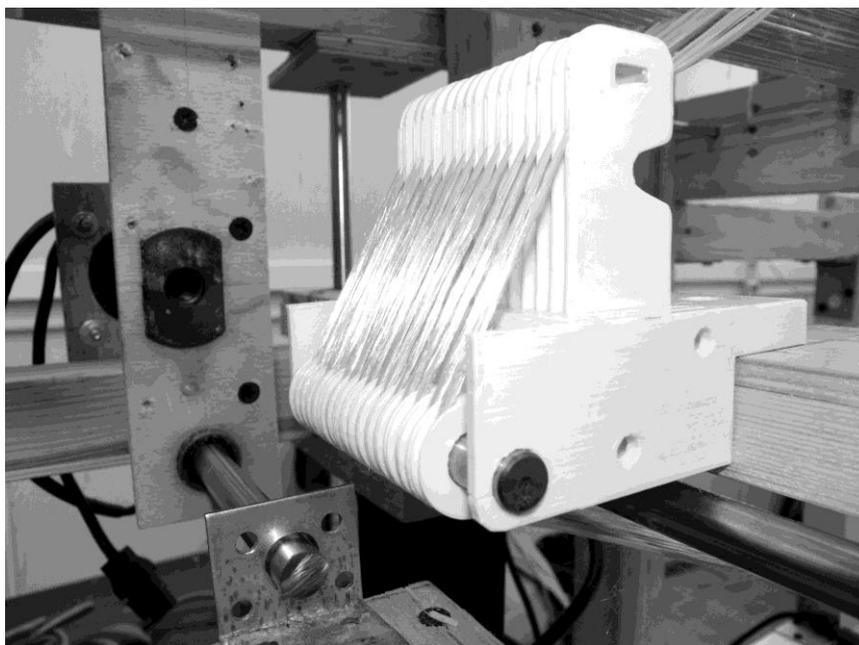


Рис. 1 – Прокладчики нитей, кронштейн, направляющие, напечатанные на 3D принтере

Внешний вид вырабатываемой пятислойной ткани представлен на рис. 2.

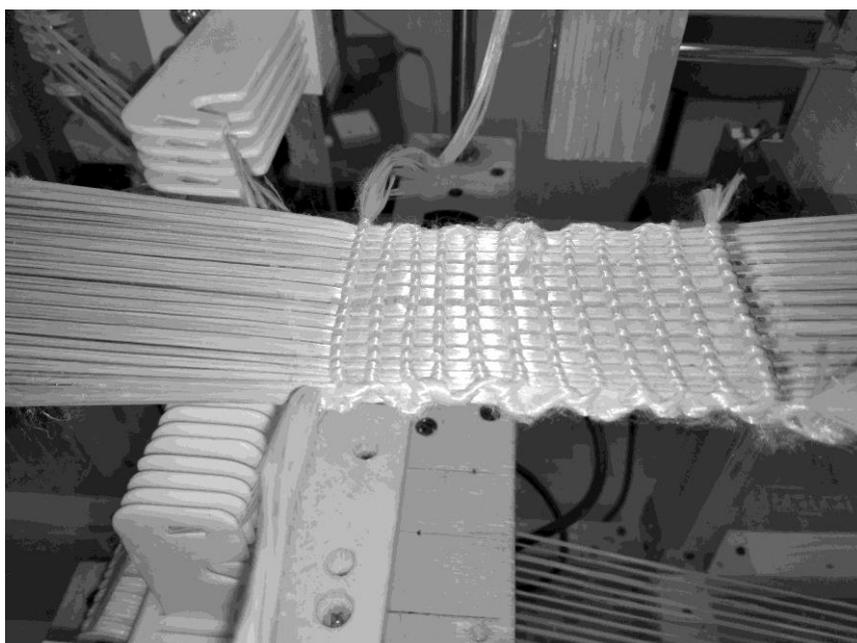


Рис. 2 – Внешний вид вырабатываемой ткани

В пространстве требуется разместить механизмы, которые формируют трехмерное изделие. Эти механизмы не должны препятствовать друг другу при перемещении. Очень удобно при проектировании VR очки и базовую 3D модель, например станка (его рамы). Опять же здесь есть доступные по цене решения. Например это программное обеспечение в открытом доступе (Unity) и VR очки для смартфонов. Любая 3D модель может быть импортирована в программу и получен виртуальный образ того, над чем нужно работать. Все в точности также, когда проектируется новый материал (например трехмерный). Виртуальная реальность позволяет совершенно по-другому взглянуть на сам процесс моделирования. На рис. 3 показан 3D макет станка и его образ, созданный средствами Unity в смартфоне на базе Android.

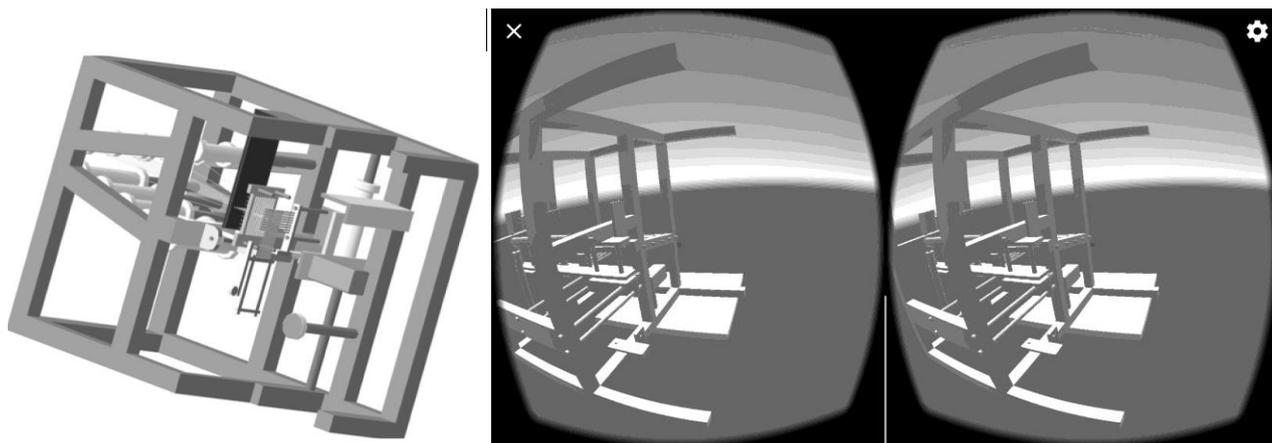


Рис. 3 – 3D макет станка и его образ, созданный средствами Unity в смартфоне на базе Android.

Таким образом, очевидно, что освоение современных 3D технологий прямо связано с конкурентоспособностью технологических проектов, направленных на создание новых материалов.

ЛИТЕРАТУРА

1. HuangG., ZhongZ.L. Tensile behavior of 3D woven composites by using different fabric structures. *MaterDes* 2002; 23(7): 671–674.
2. XiwenJia., Baozhong Sun, BohongGu. Ballistic penetration of conically cylindrical steel projectile into 3D orthogonal woven composite: a finite element study at microstructure level. *Journal of Composite Materials* 45(9) 965–987 (2010).
3. Патент РФ № 2643659, 02.02.18. Гречухин А.П., Ушаков С.Н., Тихомиров Л.А., Зайцев Д.В., Старинец И.В., Селиверстов В.Ю. Способ формирования трехмерной ортогональной ткани.

ВЫРАБОТКА ЛЬНОСМЕСОВОЙ ПРЯЖИ ДЛЯ ТКАНЕЙ БЫТОВОГО НАЗНАЧЕНИЯ

PRODUCTION OF FLAX BLENDED YARN FOR HOUSEHOLD FABRICS

В.В. Малиновский, Е.П. Лаврентьева, В.В. Дьяченко, О.В. Чиж, В.А. Семенов
V.V. Malinovskiy, E.P. Lavrentyeva, V.V. Dyachenko, O.V. Chizh, V.A. Semenov

ОАО «Инновационный научно-производственный центр текстильной и легкой промышленности», (Москва)

Innovative Research and Production Centre for Textile and Light Industry, OJSC, (Moscow)

E-mail: v.malinovskiy@inpctlp.ru, e.lavrentyeva@inpctlp.ru, v.dyachenko@inpctlp.ru, o.chiz@inpctlp.ru

Статья знакомит с научно-исследовательской работой, целью которой являлась разработка ассортимента льносмесовой пряжи, предназначенной для тканей бытового назначения.

Разработана технология выработки. Изготовлена опытная партия. Проведены исследования физико-механических характеристик.

Ключевые слова: льносмесовая пряжа, льносодержащие ткани.

The article introduces the research work, the purpose of which was to develop an assortment of flax yarn intended for household fabrics.

In the process of work the technology of development is made. Made an experimental batch. Investigations of physical and mechanical characteristics were carried out.

Key words: flax blended yarn, flax-containing fabrics.

Несмотря на широкий ассортимент и разнообразие видов химических волокон и нитей, в России ощущается недостаток в натуральных волокнах, таких как хлопок, лубяные и шерстяные волокна.

Самыми доступными и перспективными из них являются лубяные волокна, такие как лен и пенька.

Кроме того, в настоящее время ткани и трикотажные полотна из пряжи с использованием льняного волокна пользуются на мировом рынке повышенным спросом.

Благодаря уникальным экологическим, медицинским и гигиеническим свойствам льна, являющегося единственным натуральным целлюлозным текстильным сырьем, произрастающим в России, его использованию и совершенствованию переработки придаётся большое значение.

Ткани, вырабатываемые из смесовой пряжи, содержащей льняное волокно, отличаются хорошей пластичностью, меньшей сминаемостью (по сравнению с чистольняными тканями), а также красивым внешним видом, благодаря натуральному блеску льняных волокон. Кроме того, присутствие в тканях даже небольшого количества льняного волокна исключает ее электризуемость, при этом ткани с содержанием льняного волокна более дешевые, чем чистольняные.

Короткое льняное волокно (или отходы трепания), доля которого составляет 75% от общего объема производства льноволокна, после соответствующей подготовки (модификации) может использоваться в качестве сырья (котонина) для получения конкурентоспособных смесовых пряж в текстильной отрасли легкой промышленности [1].

ОАО «ИНПЦ ТЛП» на ООО «Мануфактура Балина» проведена работа по созданию ассортимента льносмесовой пряжи ткацкого назначения.

На ООО «Мануфактура Балина» установлена линия котонизации короткого льняного волокна. Разработка технологии котонизации на данной линии обеспечивает получение высококачественного котонина, приближенного по своим свойствам к хлопковому волокну,

а производство смесовой пряжи с использованием котонина на базе хлопкопрядильного оборудования снижает стоимость льносодержащих тканей.

После линии котонизации достигнуты следующие показатели льняного волокна:

- линейная плотность волокна – 0,8-0,98 текс;
- заостренность волокна – 0,4-1,6 %;
- средняя массодлина – 20,3-27,2 мм;
- штапельная массодлина – 30,8-39,9 мм;
- доля коротких волокон (0-15 мм) – 34,7-44,7 %;
- доля прядомых волокон (16-50 мм) – 52,7-58,6 %.

Такое льняное котонизированное волокно использовано для выработки льносмесовой пряжи, предназначенной для тканей бытового назначения. Для этого котонизированное льняное волокно смешивается с хлопковым, вискозным и полиэфирным волокнами.

На подготовительном оборудовании фирмы Trützschler, компоненты смешивались волокном. Кипы котонина и вискозного волокна или котонина и хлопка в заданном соотношении размещались на подготовленной площадке поочередно. Затем автоматическим разрыхлителем волокно отбиралось и через конденсор, интегрированный сепаратор тяжелых включений и отделитель посторонних частиц поступало в универсальный смеситель с встроенным очистителем, затем через загрузочную шахту распределялось на кардочесальные машины с бункерным питанием. Для добавления к смеси полиэфирных волокон использовался метод смешивания лентами на ленточных машинах [2].

Для выработки одиночной пряжи использовалась пневмомеханическая прядильная машина RFRS-30 (фирма RIFA, Китай). Данная машина предназначена для выработки пряжи из хлопка, льна, шелка, химических волокон хлопкового типа и смесей [3].

Для выработки крученой пряжи использовалась крутильная машина двойного кручения VTS-07/2, после предварительного трощения пряжи на тростильной машине RZ-16.

Льносмесовая пряжа из смеси льняного модифицированного волокна, полиэфирного и вискозного волокон и из смеси с хлопковым волокном имеет физико-механические показатели, представленные в таблицах 1 и 2 [2, 3].

Таблица 1

Физико-механические показатели одиночной льносмесовой пряжи

Фактическая линейная плотность, текс (Nm)	27,6 (36,2)	40,1 (24,9)	83,5 (12)	94,7 (10,6)
Коэффициент вариации по линейной плотности, %	4,4	0,7	6,2	2,7
Разрывная нагрузка, Н	2,6	3,5	6,7	6,8
Удельная разрывная нагрузка, сН/текс	9,4	8,7	8,0	7,2
Коэффициент вариации по разрывной нагрузке, %	11,2	7,6	13,7	14,7
Удлинение при разрыве, %	10,6	8,9	11,3	7,2
Коэффициент вариации по удлинению, %	8,5	6,8	12,9	11,0
Нормальная влажность, %	8,0	9,5	8,4	7,1
Крутка, кр/м	921	963	351	539
Коэффициент крутки α_t	48	61	31,9	52,5
Коэффициент вариации по крутке, %	5,4	3,1	18,2	6,4
Изгибоустойчивость, циклов	27394	6026	26877	4478

Физико-механические показатели крученой пряжи

Фактическая линейная плотность, текс	28,6 x2	93,35 x2	85 x2
Коэффициент вариации по линейной плотности, %	3,3	0,9	1,5
Разрывная нагрузка, Н	6,4	16,4	14,1
Удельная разрывная нагрузка, сН/текс	11,2	8,8	8,3
Коэффициент вариации по разрывной нагрузке, %	9,2	6,0	7,1
Удлинение при разрыве, %	10,4	8,9	9,0
Коэффициент вариации по удлинению, %	8,7	5,5	7,8
Нормальная влажность, %	8,3		6,9
Крутка, кр/м	348	186	292
Коэффициент крутки α_t	26,3	25,4	38,0
Коэффициент вариации по крутке, %	5,0	6,1	5,9
Изгибоустойчивость, циклов	18789	7129	11769

Анализ данных показывает, что полученная пряжа удовлетворяет требованиям, предъявляемым к качеству пряжи, предназначенной для тканей бытового назначения и обладает высокими потребительскими свойствами.

С учетом проведенных работ разработан проект технических условий на выработку льносмесовой пряжи и ткани.

По завершению работы была подана заявка на получение патента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Л.Б. Карякин, Л.Н. Гинзбург. «Прядение льна и химических волокон: Справочник» – М. Легпромбытиздат, 1991.
2. Е.П. Лаврентьева, В.В. Дьяченко и др. Отчет о НИОКР «Разработка технологии производства тканей с высокими потребительскими свойствами на основе модификации натуральных волокон», номер госрегистрации АААА-А18-118012590334-5, этап 2, Москва 2018
3. Е.П. Лаврентьева, В.В. Дьяченко и др. Отчет о НИОКР «Разработка технологии производства тканей с высокими потребительскими свойствами на основе модификации натуральных волокон», номер госрегистрации АААА-А18-118012590334-5, этап 3, Москва 2019

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СТРУКТУРНОЙ МОДИФИКАЦИИ ЛЬНЯНОЙ КОСТРЫ НА ПОКАЗАТЕЛИ СОРБЦИОННОЙ ЕМКОСТИ В ОТНОШЕНИИ НЕФТЕПРОДУКТОВ

INVESTIGATION INFLUENCE OF STRUCTURAL MODIFICATION FOR FLAX SHIVES TO CHANGE INDICATORS CHARACTERISING THE SORPTION CAPACITY TO PETROLEUM PRODUCTS

С.В. Алеева, О.В. Лепилова
S.V. Aleeva, O.V. Lepilova

Институт химии растворов имени Г.А. Крестова Российской академии наук, (г. Иваново)
G.A. Krestov Institute of Solution Chemistry of the Russian Academy of Sciences, (Ivanovo)
E-mail sva@isc-ras.ru

Получены образцы модифицированной льняной костры с применением методов щелочного гидролиза, эмульсирования препаратом на основе алкилароматических углеводородов и прививки олигомеров полиуретановой дисперсии. Оценено влияние условий модификации на изменение способности костры к сорбционному связыванию маловязких видов транспортного топлива. Определены показатели водопоглощения и плавучести, характеризующие применимость материалов для очистки водных сред. Выявлены условия для получения совокупности показателей качества экспериментальных образцов, превышающих уровень эффективности промышленно выпускаемого нефтесорбента на основе торфа.

Ключевые слова: льняная костра, химическая модификация, гидрофобизация, нефтеемкость, водопоглощение, плавучесть.

The methods of alkaline hydrolysis, emulsifying by preparation on the basis of alkylaromatic hydrocarbons and grafting of oligomers using the polyurethane dispersion were used to preparation of modified flax shive samples. The effect of modification conditions to the change of adsorption ability shives to binding of low-viscosity types transport fuel was estimated. The indicators of water absorption and buoyancy that characterizes the applicability of the material for aqueous cleaning media were identified. The conditions for obtaining of the experimental samples characterizing high level of quality indicators that exceeding the efficiency of commercially produced oil sorbent based on peat were revealed.

Keywords: flax shives, chemical modification, hydrophobization, oil capacities, water absorption, buoyancy.

В свете экологических вызовов современного технического развития общества одной из приоритетных задач является устранение загрязнения окружающей среды нефтью и нефтепродуктами на всех этапах от добычи и транспортировки природного сырья до производства и применения продуктов нефтехимии. Одним из мировых трендов совершенствования природоохранных мероприятий является комплексное решение задач по расширению использования отходов производства в качестве эффективных средств связывания вредных веществ [1]. Экономически оправдано создание сети регионального производства природных сорбентов для местного их применения с минимизацией затрат на их транспортировку и регенерацию. Для получения нефтесорбентов рекомендуется, в частности, использование соломы ячменя [2], коры лиственницы [3], опилок ясеня [4] и др. растительных отходов. Перспективным видом сырья могут стать отходы льнопереработки и, прежде всего, древесная часть льняного стебля – костра, количество которой в 2,5-3 раза превышает выход волокнистого сырья.

В своих исследованиях мы опираемся на сведения об эффектах блокирования внутреннего объема льноматериалов жиро-восковыми примесями и желируемыми биополимерами [5], о возможностях дифференцированной оценки и целенаправленного регулирования вклада субмикроскопических и мезопоровых пространств в развитие удельной поверхности [6,7]. Обоснованы технологические подходы к реализации селективных методов воздействия на фибриллярную целлюлозу, разветвленные гликаны и сетчатые структуры лигниновых одревеснений для усиления физической адсорбции и хемосорбционного связывания

ионов металлов и органических поллютантов [8-13], а также к получению льносодержащих композитных сорбентов [14,15].

Предпосылки применения костры для получения нефтесорбентов связаны с особенностями строения проводящих тканей стебля – ксилемы, которая образует сплошной мощный (~ 80 мас. %) слой, сформированный продольными рядами полых трахеальных элементов с радиальным размером от 15 до 30 мкм, что предопределяет наличие развитой внутренней поверхности. Клеточные стенки льняной ксилемы сильно лигнифицированы. К моменту созревания льна лигнин образует сплошной каркас, предупреждающий набухание целлюлозного компонента при постоянном контакте с почвенной влагой в процессе онтогенеза растения. Это обстоятельство должно было бы позитивно отражаться на конкурентном нефте- и водопоглощении в сравнении, например, с льноволокнистыми отходами. Тем не менее, как показано [16], сорбционное поглощение нефтепродуктов льняной кострой в 1,2 раза уступает емкости льноволокнистых угаров. Возможной причиной пониженного уровня нефтеемкости костры является блокирование поровой структуры ксилемы продуктами мацерации паренхимных тканей, окружающих лубяные пучки, в процессах росяной мочки льняной соломы. Показано [17], что после лугового расстила содержание полиуронидов в костре повышается с 3,6 до 7,6 масс.%, что сопровождается снижением показателя площади удельной поверхности ($S_{уд}$) с 36 до 33,1 м²/г. Удаление слабосвязанных полиуглеводов, например, при обработке костры слабокислыми растворами приводит к повышению $S_{уд}$ в 1,17 раза.

В работе осуществлен сопоставительный анализ эффективности применения различных вариантов модификации льняной костры с целью создания ассортиментной линейки нефтесорбентов для удаления загрязнений с твердых поверхностей и водной глади. Предварительно техническую льняную костру подвергали механическому измельчению на установке гильотинного типа до размера частиц 1...5 мм (образец K_0). Качество анализируемой совокупности полученных объектов оценивали по трем основным технологическим показателям нефтесорбентов для очистки водных сред: нефтеемкость, водопоглощение и плавучесть. Уровень сорбционных свойств экспериментальных образцов по вышеуказанным характеристикам сопоставлен с эффективностью промышленно выпускаемого сорбента на основе торфа из ассортимента ООО «Росгео» г. Иваново (образец T). Показатели влагопоглощения и нефтеемкости льняных материалов выражены в относительных единицах, принимая за 100% уровень сорбционной способности образца T для соответствующего вида сорбируемого вещества.

Данные рис. 1а свидетельствуют, что льняная костра даже в исходном виде по сорбции низковязких нефтепродуктов ($A_{нп}$, отн. %) в 1,2-1,6 раза превышает поглотительную способность сорбента на основе торфа. Проведение химической обработки, в частности, традиционной щелочной варки, позволяет существенно повысить нефтеемкость льняного сорбента (образец $K_{хм}$) благодаря развитию внутренней удельной поверхности льняной костры. Регистрируемая величина $A_{нп}$ в зависимости от вида поглощаемого нефтепродукта в 1,4...1,5 раза выше нефтеемкости исходной костры и в 1,3...1,7 раза превышает базовый уровень образца T .

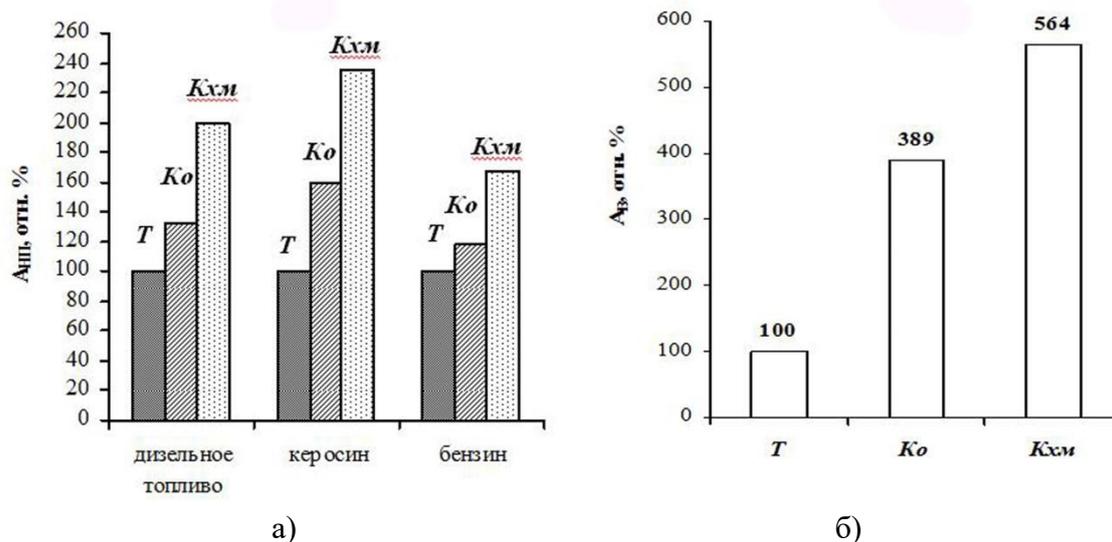


Рис. 1. Уровень сорбционной способности в отношении нефтепродуктов (а) и водопоглощение (б) для анализируемых образцов

Химически модифицированная льняная костра может найти эффективное применение для удаления загрязнений с твердых поверхностей, таких как асфальтовое, бетонное покрытия и другие. Вместе с тем для сорбентов, ориентированных на удаление нефтяных загрязнений из водной сред, в том числе из стоков, важным критерием является уровень влагоемкости, которая негативно отражается на полноте сбора нефтепродуктов.

Данные рис. 1б демонстрируют, что, величина влагоемкости (A_B , отн. %) субстрата K_0 практически в 4 раза превышает уровень для образца сравнения T . Химическая модификация льняной костры обеспечивает повышение доступности гидрофильных группировок в результате развития порового пространства, а также увеличение их количества в результате гидролитической деструкции целлюлозы и лигнина. Это приводит к существенному приросту показателя A_B : количество сорбируемой влаги образцом $K_{ХМ}$ повышается в 1,45 раза.

Эффективным вариантом снижения водопоглощения льняного субстрата является его гидрофобизация реагентами различной природы. Для обработки льняной костры использованы два типа гидрофобизации: эмульсирование препаратом на основе алкилароматических углеводородов (образец $K_{Г1}$) и прививка полиуретановой дисперсии (образец $K_{Г2}$). Эффективность методов представлена на рис. 2 по показателям водопоглощения и нефтеемкости.

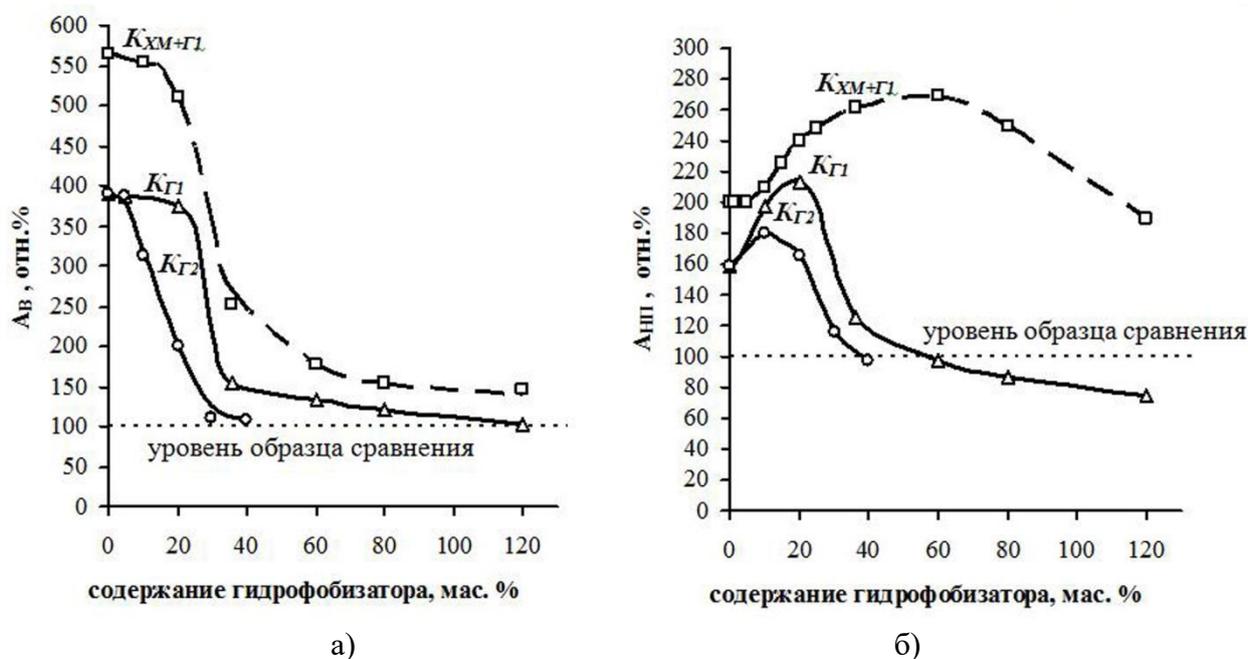


Рис. 2. Концентрационная зависимость изменения влагоемкости (а) и сорбционного поглощения керосина (б) модифицированных образцов костры

Сравнение влагоемкости образцов модифицированной костры $K_{Г1}$ и $K_{Г2}$ (рис. 2а) показало, что при введении алкилароматических углеводородов в структуру льняного сорбента в количестве до 20 мас.%, величина водопоглощения образца практически не меняется относительно ее исходного уровня. Интенсивное снижение влагоемкости наблюдается при увеличении количества гидрофобизатора до 40 мас.%. Дальнейшее наращивание его массовой доли в структуре субстрата сопровождается затухающим эффектом с выходом на базовый уровень образца сравнения T . Образец $K_{Г2}$ по степени снижения влагоемкости существенно превосходит аналог $K_{Г1}$. Выход на участок интенсивного снижения гидрофильности сорбента $K_{Г2}$ наблюдается значительно раньше – в области концентраций от 5 мас. %. При содержании гидрофобной добавки на уровне 20 мас. % различия достигают двукратной величины. При введении в костру 40 мас. % гидрофобизатора достигаемый уровень A_B сопоставим со значениями для сорбента из торфа. Вместе с тем экстремальный вид зависимостей изменения нефтеемкости (рис. 2б) и положение экстремума демонстрируют, что концентрационный диапазон эффективной гидрофобизации исходной костры практически нивелирует ее преимущества перед торфяным сорбентом.

Кривые для образца $K_{ХМ+Г1}$ демонстрируют изменение сорбционной селективности образца, подвергнутого комбинированному способу щелочной варки с последующей эмульсионной гидрофобизацией. Нетрудно видеть, что повышенный уровень влагоемкости химически модифицированного субстрата можно подавить при концентрации гидрофобизатора 120 мас.%. Оптимум по нефтеемкости приходится на 60 мас.%. Очевидно, образование полислоев препарата $K_{Г1}$ приводит к заполнению внутреннего порового объема сорбента, который потенциально мог бы обеспечивать поглощение нефтепродуктов. Сорбент $K_{Г2}$ уступает образцу $K_{Г1}$ по уровню сорбции нефтепродукта, что, вероятно, связано с частичным блокированием поровой системы растительного субстрата прививаемыми олигомерами полиуретановой эмульсии. Этот вариант гидрофобизации оказался малоэффективным и при обработке химически модифицированной костры.

По итогам данного этапа можно рекомендовать комбинированный вариант химической модификации и эмульсионной гидрофобизации для получения нефтесорбентов, пригодных для сбора загрязнений с грунтовых поверхностей, в том числе в заболоченной местности, а также для извлечения нефтепродуктов из водных стоков. При 60%-ном нанесении гидрофобизатора сорбцию керосина удастся повысить в 1,35 раза относительно уровня

негидрофобизированного субстрата, превышая уровень нефтеемкости для образца сравнения (торф) в 2,7 раза.

При ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов с поверхности водоемов важнейшей характеристикой сорбентов является плавучесть – способность длительное время удерживаться на плаву. Минимальный уровень показателя составляет 72 часа. Результаты оценки флотационных свойств материалов суммированы на рис. 3.

Учитывая более высокую плотность льняной костры ($1,3...1,5 \text{ г/см}^3$) относительно воды, ожидаемо, что растительный образец будет погружаться на дно емкости. Однако за счет присутствия заземленного воздуха в поровом пространстве исходный образец K_0 способен удерживаться на плаву около 2 часов. Спустя указанный период вода постепенно вытесняет воздух из пор субстрата и наблюдается оседание биомассы на дно емкости. Через 72 часа объем осажженной массы исходной костры достигает 80 %. То есть величина показателя плавучести составляет лишь 20 % (по количеству не осажженной фракции).

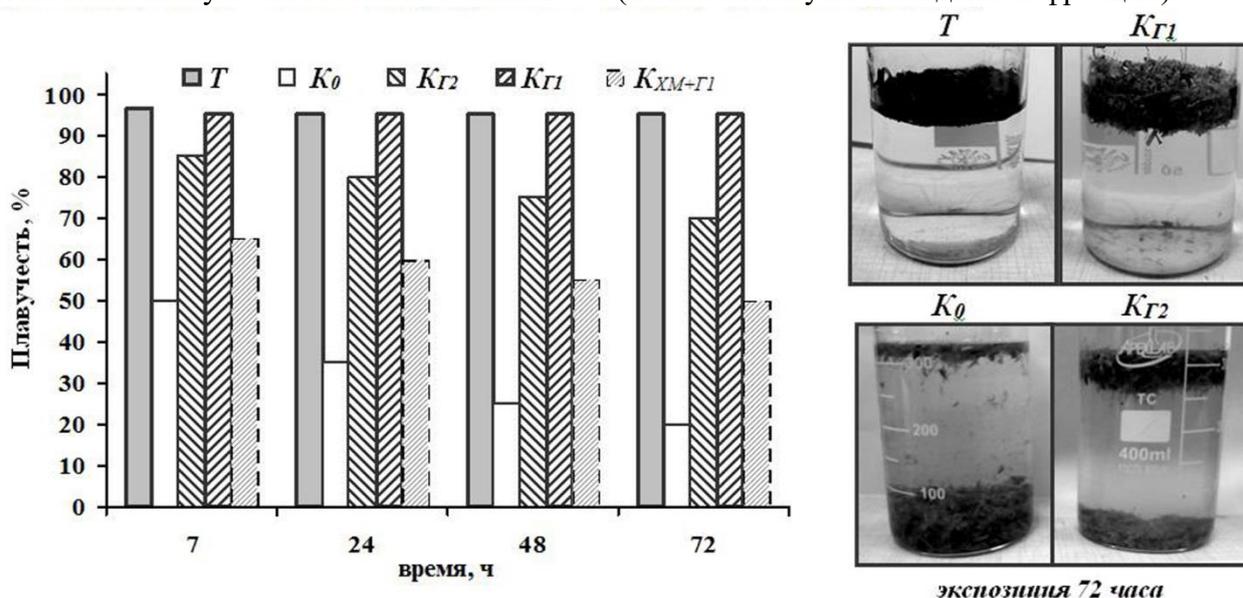


Рис. 3. Исследование плавучести экспериментальных образцов в воде (температура выдержки 22°C ; толщина слоя сорбента 20 мм)

Гидрофобизирующая обработка позволяет замедлить оседание субстрата в воде. Для образца $K_{Г2}$ с оптимальным содержанием гидрофобизатора количество осажженной массы костры через 72 часа снижается в 2,7 раза. Лишь 25 % фракции остается на плаву. Флотационная способность образца $K_{ХМ+Г1}$, к сожалению, оказалась недостаточной. В течение рабочей смены количество погруженной фракции составляет около 25 %, а спустя 72 ч на плаву остается лишь 50 % субстрата.

Высокими флотационными свойствами, сопоставимыми с образцом T, обладает образец $K_{Г1}$ при введении 30 мас. % углеводородного гидрофобизатора. Нетрудно видеть, что данный субстрат практически полностью удерживается на плаву в течение требуемых 72 часов. Улучшение всей совокупности функциональных свойств модифицированного образца $K_{Г1}$, включая плавучесть, нефтеемкость и гидрофобность, открывает широкие перспективы для его эффективного применения в процессах сбора нефтяных загрязнений с водной поверхности.

Важное практическое значение для анализируемых образцов льняных сорбентов имеют исследования их поведения при введении в гетерофазную систему воды и нефтепродуктов. Результаты оценки представлены на рис. 4. Приготовленная для анализа жидкофазная смесь, благодаря существенным различиям плотностей нефтепродукта (керосин) и воды, представляет собой систему с визуально регистрируемой границей разделения фаз. В нижнем слое смеси располагается вода, над ней – слой нефтепродукта.

При внесении в систему сорбента происходит первоначальный контакт материала с фазой нефтепродукта с последующим погружением его на границу раздела фаз.

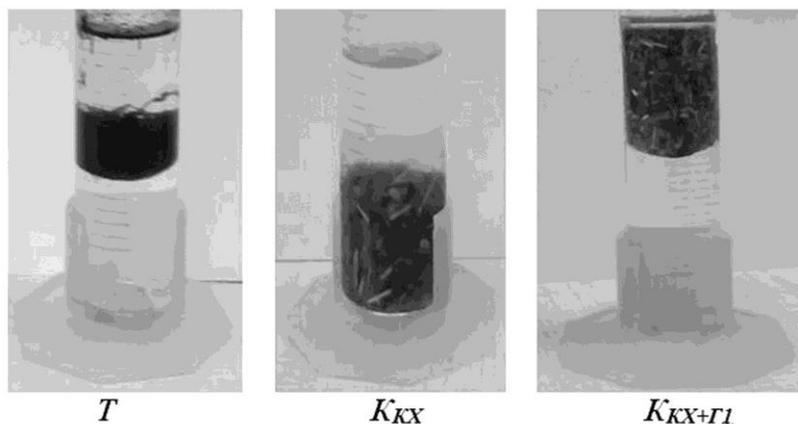


Рис. 4. Плаваемость в гетерофазной смеси воды и нефтепродукта (соотношение 1:1) для анализируемых образцов

В образце химически модифицированной костры $K_{кх}$, обладающем высокой гидрофильностью, по истечении контрольного промежутка времени (72 ч) происходит вытеснение защемленного воздуха водой, в результате чего материал погружается на дно цилиндра.

Иное поведение характерно для образца $K_{кх+Г1}$ с содержанием гидрофобизатора 60 мас.%. Так же, как и в случае образца сравнения T , в течение всего промежутка времени субстрат остается на границе раздела фаз между керосином и водой без проникновения в водную фазу. Очевидно, поровая система материала, обладающего повышенной способностью к сорбции нефтепродукта, заполняется органическим компонентом смеси. Поскольку защемленный в структуре материала воздух практически не растворяется в керосине, костра остается легче воды и сохраняет свою плавучесть. Следовательно, развитие внутренней поверхности субстрата с целью увеличения его способности к поглощению нефтепродуктов не является препятствием для обеспечения требуемого уровня его плавучести. Важно в процессе химической модификации не увеличивать содержание в биополимерных компонентах гидрофильно гидратируемых группировок. Соблюдение данного требования обеспечивают методы регулируемого биокатализируемого воздействия, которые позволяют избирательно ограничить разрушаемые компоненты биополимерной системы с полным удалением продуктов гидролиза из обрабатываемого материала.

Таким образом, на основании сопоставительного анализа совокупности показателей качества льняных материалов осуществлен научно-обоснованный отбор вариантов их модификации с учетом области применения получаемого сорбента. Химически модифицированная костра может найти применение для удаления углеводородных загрязнений с твердых сухих поверхностей, таких как асфальтовые покрытия. При получении нефтесорбентов для очистки грунтовых поверхностей или водных стоков и водных стоков эффективен вариант комбинированной химической активации и лиофобизации льняной костры с содержанием 60 мас. % гидрофобной добавки. Режим гидрофобизации льняной костры с нанесением 30 мас.% алкилароматических углеводородов может быть востребован для получения плавучих сорбентов для сбора нефтепродуктов с водных поверхностей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Febrianto J. et al. Equilibrium and kinetic studies in adsorption of heavy metals using biosorbent: a summary of recent studies // J. Hazardous Materials. 2009. № 162. С. 616–645.
2. Hussein M. et al. Availability of barley straw application on oil spill clean up // Intern. J. Environ. Sci. Technol. 2009. V. 6. N 1. P. 123-130.

3. Семенович А.В. и др. Сбор проливов нефтепродуктов модифицированной корой хвойных пород // Химия растительного сырья. 2008. № 2. С. 113-117.
4. Denisova T.R. et al. The influence of ash tree sawdust acid treatment on the removal of crude oil from water surfaces // Res. J. Pharmac. Biol. Chem. Sciences. 2016. V. 7. N 5. P. 1742-1750.
5. Алеева С.В., Кокшаров С.А. Исследование и описание изменения капиллярности льняной ткани в условиях ферментативной обработки // Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2012. Т. 55. № 3. С. 91-95.
6. Алеева С.В., Лепилова О.В., Курзанова П.Ю. и др. Специфика изменения сорбционной способности льноволокна при регулируемой биокатализируемой деструкции нейтральных полиуглеводов // Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2018. Т. 61. № 2. С. 80-85.
7. Алеева С.В., Лепилова О.В., Кокшаров С.А. Технологические подходы к биомодификации структуры льняного волокна для получения сорбционных материалов // Изв. вузов. Технология текст. пром-сти. 2017. № 1. С. 319-324.
8. Koksharov S.A., Aleeva S.V., Lepilova O.V. Nanostructural biochemical modification of flax fiber in the process of its preparation for spinning // Autex Research Journal. 2015. V. 15. N 3. P. 215-225.
9. Алеева С.В., Кокшаров С.А. Оценка гигроскопических и теплофизических свойств льняных полотен с новыми эффектами ворсовой фактуры // Изв. вузов. Технология текст. пром-сти. 2015. № 5. С. 43-48.
10. Koksharov S.A., Aleeva S.V., Lepilova O.V. Description of adsorption interactions of lead ions with functional groups of pectin-containing substances // Journal of Molecular Liquids. 2019. V. 283. P. 606-616.
11. Алеева С.В., Чистякова Г.В., Лепилова О.В., Кокшаров С.А. Влияние состояния карбоксильных групп пектина на сорбционное связывание ионов меди // Журнал физ. химии. 2018. Т. 92. № 8. С. 1308-1315.
12. Алеева С.В., Лепилова О.В., Кокшаров С.А. Биохимические методы развития удельной поверхности льняных материалов для получения сорбентов и демпфирующих материалов // Изв. вузов. Технология текст. пром-сти. 2018. № 4. С. 89-95.
13. Koksharov S.A., Aleeva S.V., Lepilova O.V. Biomodification of flax fibrous materials for increase of sorption to organic compounds // International Journal of Chemical Engineering. 2019. ID 4137593. P. 1-11.
14. Лепилова О.В., Кокшаров С.А., Алеева С.В. Роль пектиновых веществ в структурной организации гибридного сорбента льноволокно-монтмориллонит // Журнал прикл. химии. 2018. Т. 91. № 1. С. 68-73.
15. Koksharov S.A., Aleeva S.V., Lepilova O.V. Preparation of hybrid polymer-inorganic chelators based on pectin and montmorillonite // Key Engineering Materials. 2019. V. 816. P. 333-338.
16. Шайхиев И.Г. и др. Отходы переработки льна в качестве сорбентов нефтепродуктов. Определение нефтеемкости // Вестник Башкирского ун-та. 2010. Т. 15. № 2. С. 304-306.
17. Кокшаров С.А. Применение модифицированной льняной костры для усиления динамических свойств вязкоупругих демпфирующих материалов // Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX). 2018. № 1-1. С. 169-174.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЛЬНЯНЫХ НЕФТЕСОРБЕНТОВ С СУЩЕСТВУЮЩИМИ АНАЛОГАМИ

ANALYSIS OF TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF FLAX OIL SORBENTS IN COMPARISON WITH EXISTING ANALOGUES

С.В. Алеева, О.В. Лепилова

S.V. Aleeva, O.V. Lepilova

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

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

E-mail sva@isc-ras.ru

В статье обсуждаются результаты оценки конкурентных преимуществ создаваемой специализированной группы льняных нефтесорбентов в сравнении с аналогами, получаемыми из природного органического или органоминерального сырья. Показано, что реализация адаптированных технологических приемов модификации льняной костры позволяет получать препараты с высокой сорбционной емкостью, которая превосходит в 1,5-4,5 раза отечественные природные сорбенты среднего ценового диапазона, при меньшей в 2,5-4 раза их стоимости относительно зарубежных аналогов.

Ключевые слова: льняная костра, нефтеемкость, водопоглощение, плавучесть, конкурентоспособность.

The results of investigation the competitive advantages for the created specialized group of flax oil sorbents in comparison with analogues produced from natural organic or organomineral raw materials were presented in this paper. It is shown that the realization of adapted technological modification methods for flax shives allows obtaining the preparations with a high sorption capacity, which is 1,5-4,5 times higher than for the domestic natural sorbents having the average price range, and their cost a lower to 2,5-4 times than the foreign analogues.

Keywords: flax shives, oil capacities, water absorption, buoyancy, competitiveness.

Природные сорбенты являются наиболее перспективным видом материалов для ликвидации нефтяных загрязнений. Чаще всего применяют древесную щепу, опилки, модифицированный торф, шерсть и другие материалы. Особенно следует отметить высокие значения нефтеемкости материалов кератиновой природы. Шерсть может поглотить до 8-10 т нефти на 1 т своей массы, при этом ее природная упругость позволяет отжать большую часть легких фракций нефти. Однако высокая цена, недостаточное количество шерсти и низкая биостойкость не позволяют считать ее сколько-нибудь перспективным сорбентом.

Широкими перспективами обладает направление высокотехнологичного получения нефтяного сорбента из льняных отходов, в частности, из костры. Уникальность выбора данного льняного сырья для использования в качестве основы сорбционных материалов обоснована необычностью строения основного компонента древесной части льняного стебля – ксилемы – проводящей ткани, обеспечивающей движение впитываемой из почвы влаги в процессе онтогенеза растения. В отличие от большинства травянистых растений ксилема льна имеет «непучковый» тип строения, образуя мощный сплошной слой, на долю которого приходится около 80 % массы стебля. Благодаря своей уникальной структуре и ценным свойствам, которые могут быть развиты в результате модификации, льняная костра может эффективно связывать нефть и нефтепродукты.

По данным [1] максимальное поглощение нефти льняной кострой составляет 11,6 г/г, величина маслосемкости для 4 марок минеральных масел (М8Г-Г2К, АУ, И-20А и ТЭп-15В) достигает 8,1-10,4 г/г. Модификация льняной костры растворами уксусной кислоты позволила повысить нефтеемкость материала в 1,41 раза при улучшении ее флотационных свойств с 58,42 % до 82,56 %. Увеличение нефтепоглощения в 1,47 раз при достижении его плавучести на уровне 97,52 % обеспечила обработка субстрата в серной кислоте. Вместе с

тем по своим функциональным свойствам такой материал уступает аналогам на основе торфа или древесных опилок.

Для решения научно-прикладных задач развития структуры льняного материала с целью получения конкурентоспособных нефтесорбентов эффективными являются технологические приемы биомодификации льняных материалов [2-5]. В основу применяемых методов положены принципы научно-обоснованного подбора состава полиферментных композиций для реализации не только механизмов субстратной специфичности (селективности) ферментов, но и пространственно локализованного проявления их активности в определенных структурных зонах биополимерной системы [6, 7]. При разработке методов модификации льняного субстрата использован способ трансформации лигнина, основанный на оригинальных приемах генерации и применения продуктов биокатализируемых реакций в качестве вторичных реагентов для протекания redox-превращений в макромолекулах полимера [8, 9] и применения эффектов деполимеризации лигнина для повышения сорбционных свойств растительных субстратов [10, 11].

С применением разрабатываемых методов получены две модификации льняных нефтесорбентов:

- ЛНС-1 представляет собой гидрофобизированный субстрат для очистки грунтовых поверхностей и асфальтовых покрытий от разлива нефтепродуктов;

- ЛНС-2 является плавучим сорбентом и может найти применение для удаления нефти и нефтепродуктов с водных поверхностей или из водных эмульсий (стоков).

С целью выявления конкурентных преимуществ полученных экспериментальных нефтесорбентов проведена сопоставительная оценка их технико-экономических показателей с известными аналогами на основе растительного и органоминерального сырья.

К настоящему времени в России более 30 промышленных предприятий занимаются производством нефтесорбентов из природных материалов. Среди выпускаемой продукции широко востребованными на отечественном рынке являются следующие марки препаратов, которые были отобраны для сопоставления:

- ECOLLOSE H-Lic (модифицированная древесная целлюлоза); производитель ООО Рамэко, Московская обл.;

- SynergySorb ПС-150 (модифицированные опилки, лигнин гидролизный); Synergy Horizon Ltd, Республика Беларусь, Гомельская обл.;

- Корксорб (модифицированная древесная кора); ООО «ЛАРН 32» РФ, г. Брянск;

- Сорбойл (торф, опилки, кора, сельско-хозяйственные отходы); НПО «Полипром» РФ, г. Бийск;

- Лессорб-Экстра (мох торфяной); ООО Лессорб, г. Брянск.

Из зарубежных аналогов отобраны следующие широко известные нефтесорбенты:

- Peat Sorb (торф); компания «Peatsorb» США, Майами, Флорида;

- Turbo-Jet (торф); компания «Turbo-Jet» Франция.

Основными показателями, характеризующими функциональные свойства нефтесорбентов, являются нефтеемкость (НЕ, г/г) в отношении дизельного топлива, используемого в качестве тестового нефтепродукта, влагоемкость (ВЕ, г/г) и плавучесть (Пл, час) [12].

Сравнение сорбента ЛНС-1 проведено с группой аналогов, которые по существующей классификации относятся к группе неплавучих сорбентов с низкой величиной показателя ПЛ (менее 3 час.). Эффективность плавучего сорбента ЛНС-2 оценена относительно продукции конкурентов, профилированной для очистки водных ресурсов.

На рис. 1. представлены результаты исследования нефтеемкости анализируемых образцов сорбционных материалов. Измерение поглотительной способности ЛНС-1 в отношении дизельного топлива, проведенное для сравниваемых препаратов в сопоставимых условиях, демонстрирует, что имеющиеся на рынке аналоги существенно уступают

экспериментальному образцу на основе льняной костры и могут быть с успехом замещены разрабатываемым нефтесорбентом.

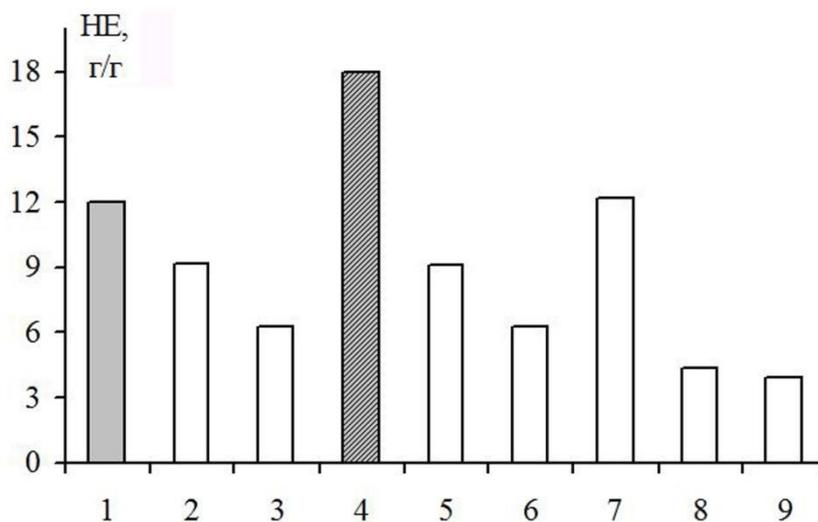


Рис. 1. Сравнительный анализ нефтеемкости анализируемой совокупности сорбентов:
1- ЛНС-1; 2- ECOLLOSE; 3- SynergySorb;
4- ЛНС-2; 5- Корксорб; 6- Сорбойл; 7- Лессорб-Экстра; 8- Peat Sorb; 9- Turbo-Jet

Высокой поглотительной способностью обладает разработанный препарат ЛНС-2. Нетрудно видеть, что достигаемая им величина показателя HE в 1,5...4,5 раза превосходит уровень аналогов.

Анализ, представленных на рис. 2, результатов количественной оценки влагоемкости льняных нефтесорбентов и их аналогов, показал, что разработанный препарат ЛНС-1 обладает более высокой гидрофобностью относительно конкурента на основе модифицированной древесной целлюлозы: показатель BE в 2 раза превышает указанный образец сравнения. Это позитивно отличает разработанный образец от свойств препарата Сорбойл, когда влагопоглощение снижено в ущерб нефтепоглощающей способности.

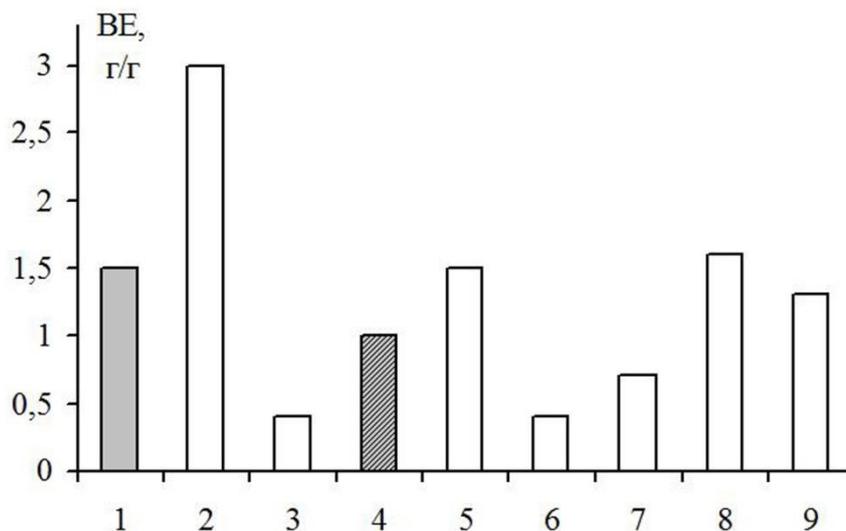


Рис. 2. Влагоемкость льняных нефтесорбентов и их аналогов:
1- ЛНС-1; 2- ECOLLOSE; 3- SynergySorb;
4- ЛНС-2; 5- Корксорб; 6- Сорбойл; 7- Лессорб-Экстра; 8- Peat Sorb; 9- Turbo-Jet

В совокупности с высокой поглотительной способностью углеводородных соединений низкая влагоемкость льняного сорбента дает дополнительные преимущества для его

использования в процессах сбора нефтепродуктов с твердой поверхности в условиях повышенной влажности, например, при выпадении атмосферных осадков или на заболоченной местности.

Сравнительный анализ величины водопоглощения для ЛНС-2 (см. рис. 2) выявил, что выбранный технологический подход к модификации льняной костры позволил в 1,5 раза снизить гидрофильные свойства субстрата в сравнении с препаратом ЛНС-1. Величина показателя для ЛНС-2 существенно ниже уровня ВЕ для отечественного сорбента Корксорб на основе модифицированной древесной коры (в 1,5 раза), а также зарубежных аналогов на основе торфа (в 1,3...1,6 раза). При этом, важно отметить, что для разработанных видов льняных препаратов ЛНС-1 и ЛНС-2 удастся решить ключевую труднореализуемую задачу технологической переработки, связанную с повышением селективности сорбционного материала, то есть в *повышении нефтеемкости растительного субстрата при одновременном снижении гидрофильных свойств.*

Важной функциональной характеристикой нефтесорбентов для очистки водной поверхности является плавучесть. Результаты оценки показателя Пл для экспериментальных льняных образцов и их аналогов приведены на рис. 3.

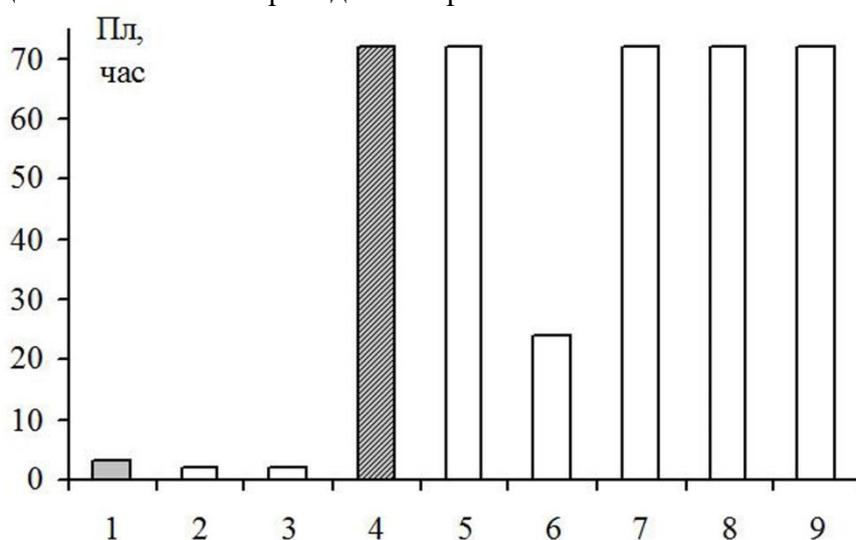


Рис. 3. Характеристика плавучести льняных нефтесорбентов и их аналогов:
1- ЛНС-1; 2- ECOLLOSE; 3- SynergySorb;
4- ЛНС-2; 5- Корксорб; 6- Сорбойл; 7- Лессорб-Экстра; 8- Peat Sorb; 9- Turbo-Jet

Следует отметить, что в сравнении со своими неплавучими аналогами сорбент ЛНС-1 лучше удерживается на водной глади. В сочетании с высоким уровнем нефтеемкости это является важным конкурентным преимуществом ЛНС-1 перед аналогами, поскольку позволяет расширить сферу его использования. Так, например, он может найти применение для очистки водных стоков.

Результаты сравнительной оценки флотационных свойств группы плавучих сорбентов, выявили, что для достижения конкурентоспособности ЛНС-2 соблюдено условие обеспечения требуемого уровня плавучести в течение 3 суток. Вместе с тем, это в 3 раза превышает длительность удерживания на плаву промышленного выпускаемого препарата Сорбойл, несмотря на рекомендации производителей о его использовании для сбора нефтепродуктов с водной поверхности.

Для оценки рентабельности применяемых методов переработки льняной костры проведены технико-экономические расчеты стоимости разрабатываемых видов льняных нефтесорбентов. Установлено, что ориентировочная стоимость сорбентов ЛНС-1 и ЛНС-2 составит около 100 и 120 руб. соответственно, что соизмеримо с ценовым диапазоном аналогичной отечественной продукции и в 2,5-4 раза ниже относительно цен на зарубежные аналоги.

Интересной в плане своей информативности является величина приведенной эффективности на 1 рубль затрат, которая получена из соотношения значений нефтеемкости и стоимости сорбента (HE / C_t). Результаты приведены на рис. 4.

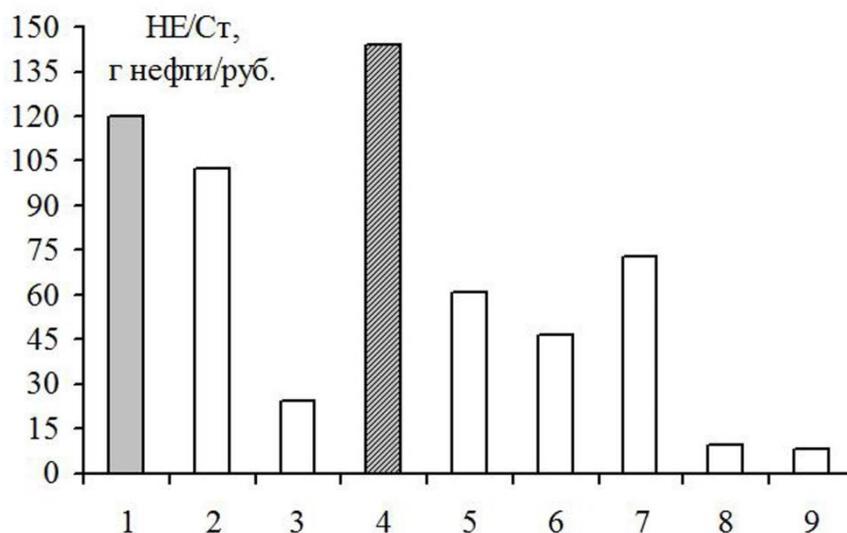


Рис. 4. Приведенная эффективность льняных нефтесорбентов и их аналогов
 1- ЛНС-1; 2- ECOLLOSE; 3- SynergySorb;
 4- ЛНС-2; 5- Корксорб; 6- Сорбойл; 7- Лессорб-Экстра; 8- Peat Sorb; 9- Turbo-Jet

Характеризуя данные для ЛНС-1, следует отметить, что эффективность его применения сопоставима с отечественным аналогом и в 5 раз превышает контролируемый показатель для зарубежного дорогостоящего препарата. Для сорбента ЛНС-2 уровень приведенного показателя составляет 144 г нефтепродукта на рубль, что в 2...3 раза выше расчетной характеристики отечественных препаратов и в 15...18 раз эффективнее импортных аналогов.

Таким образом, в ходе исследований выявлены конкурентные преимущества льняных нефтесорбентов ЛНС-1 и ЛНС-2 относительно имеющих аналогов из природного органического или органоминерального сырья. Разрабатываемые образцы по сорбционной емкости превосходят в 1,5-4,5 раза отечественные аналоги природных сорбентов среднего ценового диапазона, что позволит обеспечить быстрый и эффективный сбор нефти и нефтепродуктов с твердых покрытий и грунтовых поверхностей (ЛНС-1), а также с поверхности водоемов или из водных стоков (ЛНС-2). Инновационные препараты характеризуются оптимальным соотношением критерия «цена-качество» при высокой добавленной стоимости продукции с учетом низких затрат на исходное сырье. Их стоимость при улучшенных качественных характеристиках в 2,5-4 раза ниже зарубежных аналогов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шайхиев И.Г. и др. Отходы переработки льна в качестве сорбентов нефтепродуктов. 1. Определение нефтеемкости // Вестник Башкирского ун-та. 2010. Т. 15. № 2. С. 304-306.
2. Aleeva S.V., Koksharov S.A. Chemistry and technology of biocatalyzed nanoengineering of linen textile materials // Russ. J. Gen. Chem. 2012. Т. 82. № 13. С. 2279-2293.
3. Koksharov S.A., Aleeva S.V., Lepilova O.V. Nanostructural biochemical modification of flax fiber in the process of its preparation for spinning // AUTEX Research Journal. 2015. Vol. 15. N 3. P. 215-225.
4. Алеева С.В., Лепилова О.В., Кокшаров С.А. Технологические подходы к биомодификации структуры льняного волокна для получения сорбционных материалов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2017. №1 (367). С. 319-324.
5. Алеева С.В., Лепилова О.В., Кокшаров С.А. биохимические методы развития удельной

- поверхности льняных материалов для получения сорбентов и демпфирующих композитов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2018. № 4 (376). С. 89-95.
6. Кокшаров С.А., Алеева С.В. Биохимическая модификация полисахаридов в процессах текстильного производства // Научные основы химической технологии углеводов / Под ред. А. Г. Захаров. – М.: Изд. ЛКИ. 2008. С. 401-523.
7. Алеева С.В., Кокшаров С.А. Химия и технология биокатализируемого наноконструирования льняных текстильных материалов // Росс. химю журнал. 2011. Т. 55. № 3. С. 46-58.
8. Lepilova O.V., Spigno G., Aleeva S.V., Koksharov S.A. Study of the ability of reducing saccharides to chemically transform lignin // Eurasian Chemico-Technological Journal. 2017. Vol. 19. No 1. P. 31-40.
9. Лепилова О.В., Алеева С.В., Кокшаров С.А. Влияние продуктов ферментативной деструкции углеводных примесей льняного волокна на разрушение лигнина // Изв. вузов. Химия и химическая технология. 2007. Т. 50. № 7. С. 71-74.
10. Koksharov S.A., Aleeva S.V., Lepilova O.V. Biomodification of flax fibrous materials for increase of sorption to organic compounds // International Journal of Chemical Engineering. 2019. ID 4137593. P. 1-11.
11. Алеева С.В., Лепилова О.В., Кокшаров С.А Биохимические методы развития удельной поверхности льняных материалов для получения сорбентов и демпфирующих материалов // Изв. вузов. Технология текст. пром-сти. 2018. № 4. С. 89-95.
12. ТУ 2164- 001- 74347883 – 2006. «Сорбенты природные. Технические условия». 2006. 18 с.

СТРУКТУРА И ТРАНСПОРТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОЛОКНИСТЫХ МАТРИЦ НА ОСНОВЕ ПОЛИГИДРОКСИБУТИРАТА С ДИПИРИДАМОЛОМ

STRUCTURE AND TRANSPORT CHARACTERISTICS OF FIBROUS MATRICES BASED ON POLYHYDROXYBUTIRATE WITH DIPYRIDAMOL

А.А. Ольхов^{1,2,3}, Е.Л. Кучеренко², О.В. Староверова²,
Р.Ю. Косенко², В.С. Маркин², Ю.Н. Зернова², А.Л. Иорданский²
А.А. Olkhov^{1,2,3}, E.L. Kucherenko², O.V. Staroverova²,
R.Yu. Kosenko², V.S. Markin², Yu.N Zernova², A.L. Iordanskii²

¹Российский экономический университет
им. Г. В. Плеханова; (Москва)

²Институт химической физики им. Н.Н. Семенова Российской академии наук, (Москва)

³Институт биохимической физики им. Н.М. Эмануэля
Российской академии наук, (Москва)

E-mail: aolkhov72@yandex.ru

¹Plekhanov Russian University of Economics, (Moscow)

²Semenov Institute of Chemical Physics, Russian Academy of Sciences, (Moscow)

³Emanuel Institute of Biochemical Physics, Russian Academy of Sciences, (Moscow)

E-mail: aolkhov72@yandex.ru

В статье изучена надмолекулярная структура и транспортные характеристики нетканых волокнистых матриц пролонгированного высвобождения лекарственных веществ на основе ультратонких волокон полигидроксибутирата, полученных методом электроформования. В качестве лекарственного вещества был использован дипиридамо́л в концентрациях 1 - 5%. Структурно-динамическими методами: СЭМ, ДСК, ЭПР была исследована надмолекулярная структура материалов. Было установлено изменение геометрии волокон при добавлении дипиридамо́ла. При добавлении дипиридамо́ла в волокнах происходит дополнительная кристаллизация полимера, а также происходит уплотнение аморфных областей полигидроксибутирата.

Ключевые слова: полигидроксибутират, дипиридамо́л, транспортные свойства, ультратонкие волокна, электроформование, надмолекулярная структура.

The article studies the supramolecular structure and transport characteristics of nonwoven fibrous matrices for the sustained release of drugs based on ultrafine polyhydroxybutyrate fibers obtained by electrospinning. Dipyridamole in concentrations of 1-5% was used as a medicinal substance. Structurally dynamic methods: SEM, DSC, EPR, the supramolecular structure of materials was investigated. A change in fiber geometry with the addition of dipyridamole was found. When dipyridamole is added in the fibers, additional polymer crystallization occurs, and the amorphous regions of polyhydroxybutyrate also become denser.

Key words: polyhydroxybutyrate, dipyridamole, transport properties, ultrafine fibers, electrospinning, supramolecular structure.

Создание эффективных и биосовместимых матриц для адресной и программируемой доставки лекарственных веществ в живой организм является актуальной задачей современной биологии и медицины [1]. Подобные изделия получают на основе природных и синтетических биополимеров. Эти изделия представляют собой пленки, микро- и наночастицы или капсулы, ультратонкие волокна, где физически инкапсулировано или химически иммобилизовано лекарственное вещество (ЛВ) [2-5].

Наиболее часто для изготовления биосовместимых и биорезорбируемых матриц применяют полигидроксибутират (ПГБ), являющийся ярким представителем класса бактериальных полиэфиров - полиоксиалканоатов. Он обладает наиболее высокой

биосовместимостью с живым организмом, регулируемым периодом биodeградации (биорезорбции) и достаточно высоким уровнем физико-механических характеристик пленок и волокон. ПГБ [6-8].

Целью настоящей работы являлось исследование структуры ультратонких волокон полигидроксibuтирата и кинетики высвобождения ДПД.

Объекты и методы исследования

Для получения исследуемых волокон в работе использовали природный биоразлагаемый полимер полигидроксibuтират серии 16F, полученный методом микробиологического синтеза компанией BIOMER® (Германия). Исходный полимер представляет собой белый мелкодисперсный порошок с размером частиц 5-20 мкм. Средневязкостная молекулярная масса $4.6 \cdot 10^5$ г/моль. В качестве модельного лекарственного вещества для контролируемого высвобождения использовали дипиридамола (2,2',2'',2'''-[(4,8-Ди-1-пиперидинилпиримидо[5,4-d]пиримидин-2,6-диил)динитрило]тетракис[этанол]). Структурная формула ДПД представлена на рис. 1.

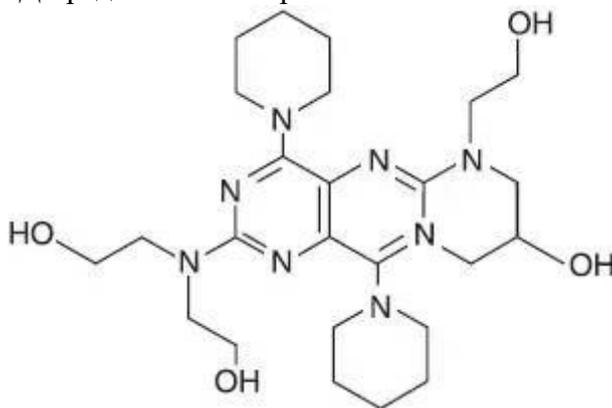


Рис. 1. Структурная формула дипиридамола.

Фармакологическая группа, к которой относится дипиридамола (ДПД): антиагреганты, ангиопротекторы и корректоры микроциркуляции, аденозинергические средства. Молекулярная масса ДПД составляет 504,53 г/моль.

Ультратонкие волокна ПГБ получали методом электроформования (ЭФ) [9]. Для получения волокон готовили формовочные растворы: ПГБ и ПГБ с ДПД в хлороформе. Концентрация ПГБ в растворе составляла 7% масс. Содержание дипиридамола в композиции с полимером составляло: 1; 3; 5% масс., относительно массы ПГБ. Формовочные растворы ПГБ с ДПД готовили при 50 °С с помощью автоматической магнитной мешалки с подогревом и ультразвуковой ванны.

Спектры электронного парамагнитного резонанса (ЭПР) (X-диапазона) регистрировались на автоматизированном ЭПР спектрометре ЭПР-В (ИХФ РАН, Москва). В качестве зонда использовали стабильный нитроксильный радикал 2,2,6,6-тетрамethylпиперидин-1-оксил (ТЕМПО). Радикал вводили в волокна из паров при температуре 50⁰ С. Концентрации радикала в полимере не превышала 10⁻³ моль/л.

Исследование образцов методом дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) было проведено на приборе DSC 204 F1 фирмы Netzsch в инертной среде аргона (Ar) со скоростью нагрева 10°С/мин. Среднестатистическая ошибка измерения тепловых эффектов составляла ±3%. Энтальпия плавления была рассчитана по программе NETZSCH Proteus.

Геометрию волокнистых материалов исследовали методом электронной микроскопии с помощью сканирующего электронного микроскопа "Hitachi TM-1000" (Япония) при ускоряющем напряжении 20 кV. На поверхность образца нетканого волокнистого материала напыляли слой золота толщиной 100-200 Å.

Поскольку вводимое ЛВ может оказывать влияние на формирование надмолекулярной структуры волокна, мы исследовали геометрические параметры, структуру кристаллических и аморфных областей ПГБ волокон в зависимости от содержания ДПД.

При изучении морфологии нетканых волокнистых материалов методом СЭМ, наблюдаются изменение геометрии волокон при добавлении ДПД.

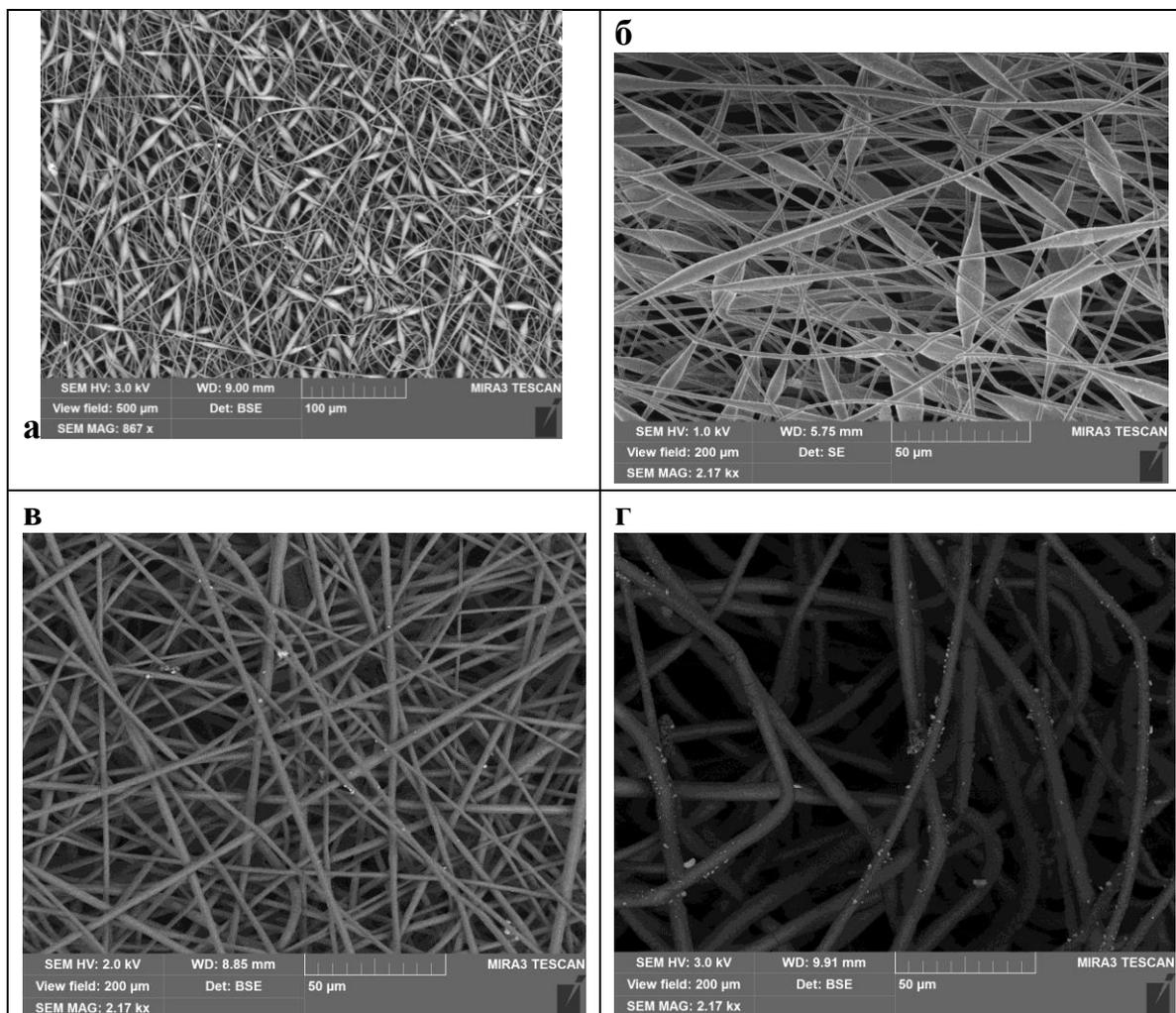


Рис.2. Микрофотографии волокнистых материалов состава: исходный ПГБ (а), ПГБ + 1% ДПД (б), ПГБ + 3% ДПД (в), ПГБ + 5% ДПД (г).

На рис.2 представлены микрофотографии волокнистых материалов ПГБ с различным содержанием ДПД. Как видно из этого рисунка, у волокон ПГБ наблюдается значительное число веретеноподобных утолщений, содержание которых снижается с ростом концентрации ДПД и совершенно не наблюдается у волокон с 5% ДПД.

В процессе электроформования наиболее частой причиной возникновения утолщений на цилиндрических волокнах ПГБ является нарушение стационарного режима истечения полимерного раствора (биения, пульсации и т.п.), которое может быть связано с малой электропроводностью или неоптимальной вязкостью формовочного раствора. Как видно на рис.2(в), при добавлении в полимерный раствор 3% ДПД на волокнах наблюдается лишь незначительное количество утолщений. При этом средний диаметр веретеноподобных элементов несколько снижается и составляет от 5 до 7 мкм. Длина этих утолщений составляет от 15 до 20 мкм. Дальнейшее увеличение концентрации ДПД в формовочном растворе (до 5%) приводит к полному исчезновению утолщений на волокнах, см. рис.2 (г)

Следует отметить, что при концентрации ДПД 5%, на поверхности волокна появляются дисперсные частицы произвольной формы размером до 1 мкм и их агломераты. Исчезновение этих частиц после кратковременной экспозиции в воде позволяет считать, что наблюдаемые частицы образованы кристаллами ДПД в результате быстрой десорбции растворителя и формирования твердого волокна. Как свидетельствуют микрофотографии (рис. 2 б, в), при более низких концентрациях ДПД от 1 до 3% отдельная фаза последнего на поверхности волокна не образуется.

При изучении термограмм нагревания волокон ПГБ с различным содержанием ДПД видно, что при первичном нагреве на кинетической кривой появляется достаточно протяженное «плечо» в низкотемпературной области. Оно свидетельствует о наличии в волокне кристаллитов ПГБ, имеющих малые размеры или дефекты. Это свидетельствует о неравновесном состоянии надмолекулярной структуры. При повторном нагреве материала мы отчетливо видим бимодальное распределение кристаллической фазы по температуре плавления (пунктирная кривая). При этом пики плавления смещаются в низкотемпературную область.

Данное заключение подтверждается экспериментом по высокотемпературному отжигу материалов при температуре 140 °С, близкой к началу плавления ПГБ, в течение 2 часов. После отжига все бимодальные пики плавления сдвигаются в область более низких температур с одновременным увеличением степени кристалличности полимера, см. таб.

Таблица 1

Энтальпия (ΔH) и температура плавления ($T_{пл}$) ультратонких волокон смесей ПГБ с ДПД.

Парамет-ры	ПГБ	ПГБ+1% ДПД	ПГБ+3% ДПД	ПГБ+5% ДПД
ΔH Дж/г, 1 нагрев	43	54	72	80
$T_{пл}$, °С, 1 нагрев	169	168	167; 169	169
Отжиг при 140 °С (2 часа)				
ΔH Дж/г, 1 нагрев	92	96	67	90
$T_{пл}$, °С, 1 нагрев	169	170	166	165

Из данных таб. следует, что энтальпия плавления волокон ПГБ после отжига возрастает. Термическая обработка переводит кристаллическую фазу ультратонких волокон в более равновесное состояние, характеризующееся более высокой степенью кристалличности (~70 %).

По мере возрастания концентрации ДПД в волокне ПГБ, его надмолекулярная структура становится более совершенной и равновесной с увеличенной степенью кристалличности. Аналогичная тенденция наблюдается и при отжиге образцов волокон при любом содержании ДПД. Поскольку отжиг способствует снятию внутренних напряжений в полимере и тем самым росту кристалличности за счет прилегающих к кристаллам проходных цепей.

Структуру и молекулярную динамику межкристаллических аморфных областей можно эффективно исследовать методом ЭПР с использованием стабильных радикалов в качестве зондов вращения.

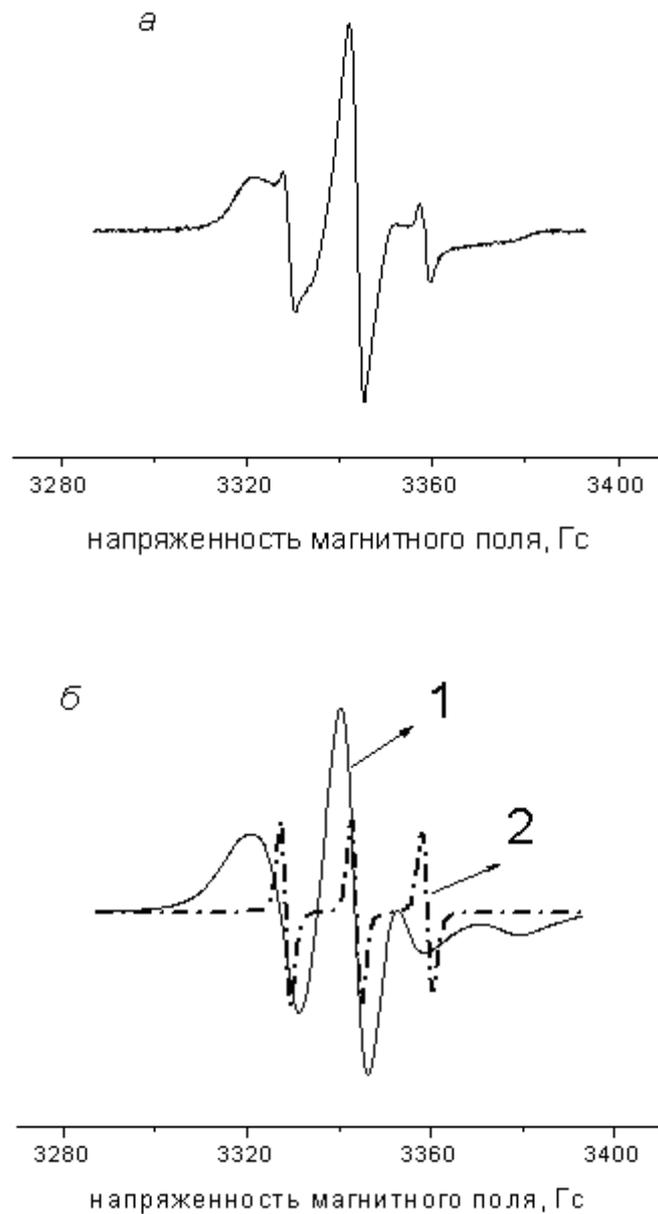


Рис. 3. Спектры ЭПР нитроксильного радикала ТЕМПО в ПГБ с 1% ДПД (а) и после разложения на медленную (1) и быструю (2) составляющие (б).

Как видно на рис. 3, ЭПР спектры радикала ТЕМПО в волокнах ПГБ имеют сложный вид (рис. 3а) и представляют суперпозицию двух более простых спектров (рис. 3б), которые соответствуют двум популяциям радикалов с различающимися временами корреляции τ_1 и τ_2 , где τ_1 характеризует быструю молекулярную подвижность в менее плотных, а τ_2 - медленную подвижность в более плотных межкристаллитных областях.

На рис. 4. представлены зависимости времени корреляции (вращения зонда) от содержания ДПД (а) и от времени отжига волокнистых материалов при различном содержании ДПД (б).

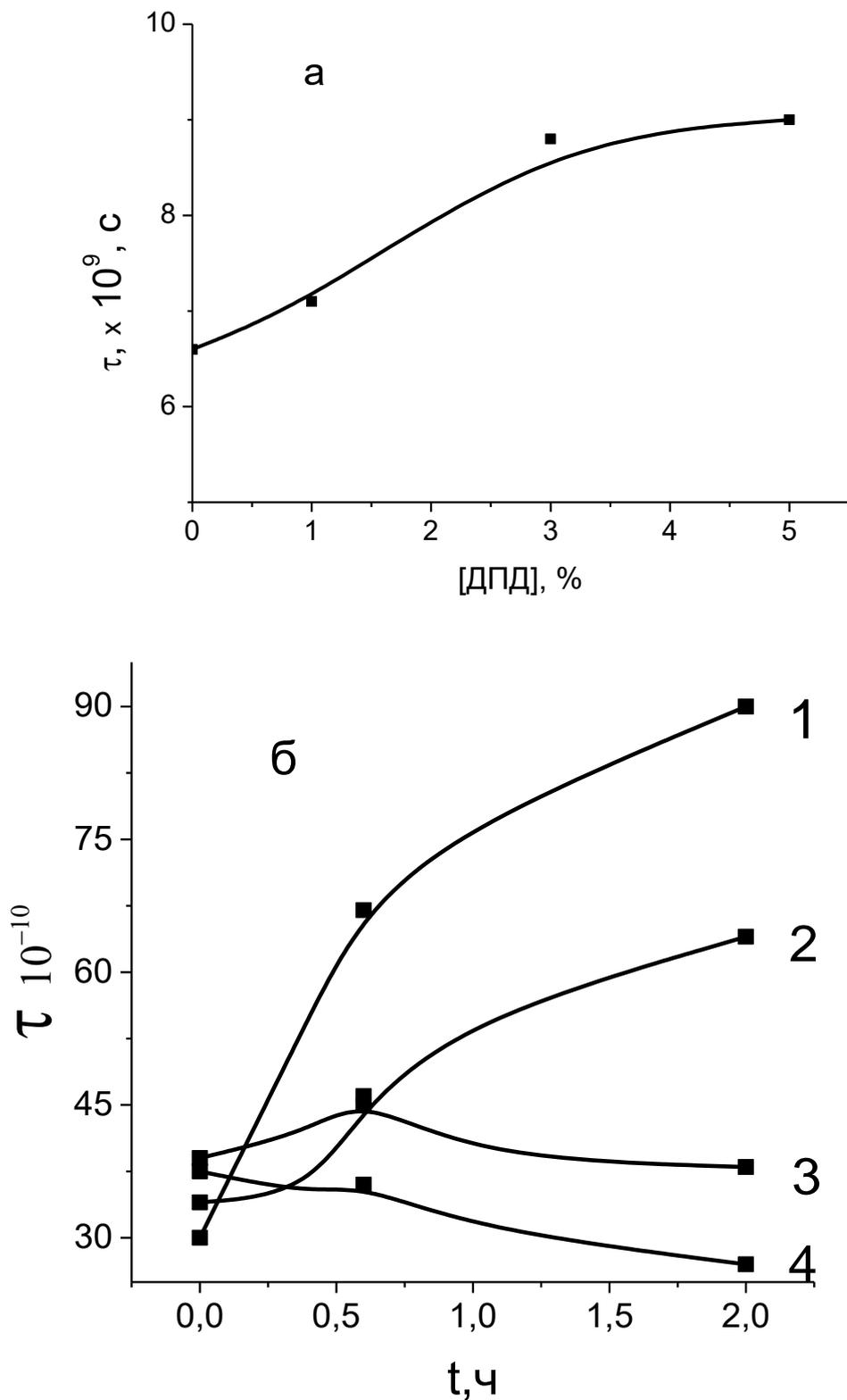


Рис. 4. Зависимость времени корреляции от концентрации ДПД (а) и времени отжига при 140 °С волокон ПГБ при различной концентрации ДПД: исходная (1), 1(2), 3(3) и 5 % масс. (4).

Снижение скорости вращения зонда (рост медленной составляющей - τ_2) радикала с увеличением концентрации ДПД и времени отжига говорит нам о том, что в волокнах ПГБ растет степень кристалличности и одновременно происходит уплотнение участков

макромолекул ПГБ в аморфных межкристаллитных областях (снижается подвижность сегментов макромолекул).

Проведенный режим отжига в наибольшей степени воздействует на сегментальную динамику волокон ПГБ с низким содержанием ДПД (0 и 1%), а с увеличением концентрации ДПД этот эффект проявляется менее заметно. Все результаты, включающие влияние концентрации ДПД на геометрические параметры волокон, их структурно-динамические характеристики, несомненно, должны коррелировать с кинетическими параметрами диффузионно-транспортных процессов ДПД в модельных средах

Кинетические профили высвобождения характеризуются начальным нелинейным во времени участком и завершающим участком, где концентрация десорбируемого из пленок ДПД возрастает линейно. Для всех кинетических профилей выхода лекарства из волокон ПГБ-ДПД наблюдается суперпозиция двух процессов, а именно, как мы выяснили, представляют собой комбинацию диффузионной и кинетической составляющей.

На вставке рис. 5 показаны линейные участки кинетических кривых в диффузионных координатах (относительная концентрация – корень из времени) и видно, что тангенсы углов наклона с ростом содержания лекарственного вещества в системе уменьшаются. Вероятно, ДПД оказывает стабилизирующее действие на структуру волокна. Как нами было установлено ранее, с ростом ДПД происходит дополнительная кристаллизация ПГБ в волокнах, т.е. внутренние напряжения снижаются и структура приходит в состояние равновесия.

Компьютерное вычитание значений концентрации высвободившегося ДПД из общей концентрации ДПД, в каждый данный момент времени t позволяет построить зависимость $(D_t - \text{tgt} * t) / D_{\infty} \sim t^{1/2}$. Данные представлены на рис.5.

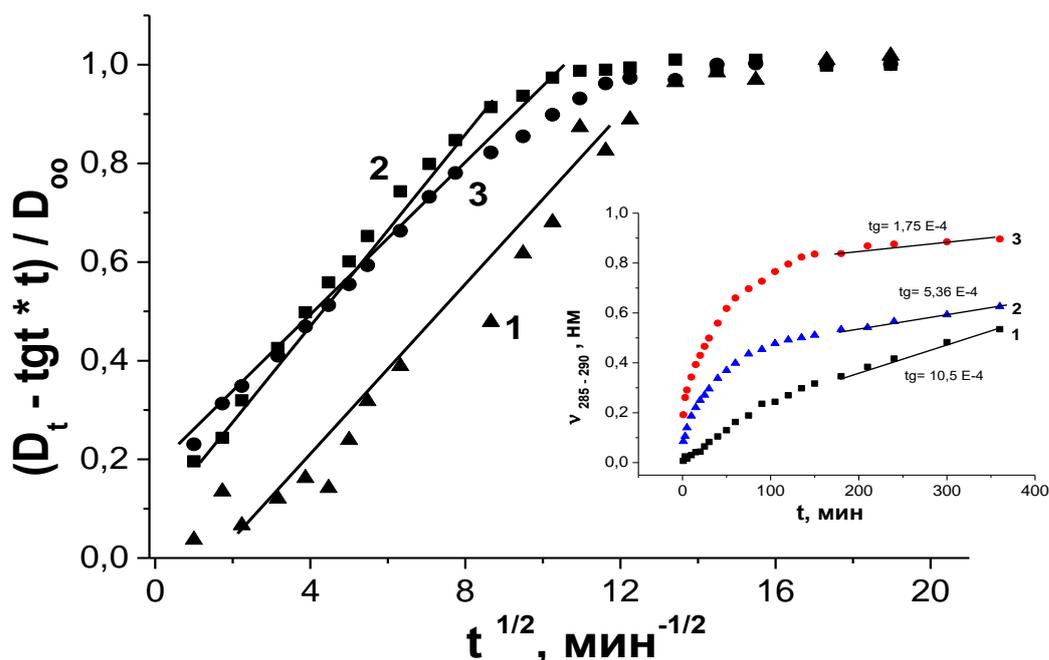


Рис. 5. Зависимость количества высвобождающегося ДПД от времени при различном составе волокон: 1 - 1%, 2 – 3%, 3 – 5% ДПД (в диффузионных координатах). Вставка: Зависимость оптической плотности при 295-290 нм (v , нм) раствора ДПД, высвободившегося из волокон ПГБ, содержащих ДПД: 1% (1), 3% (2), 5% (3).

Все кинетические кривые, полученные для волокнистых материалов ПГБ с различным содержанием ДПД, имеют монотонный характер с явно выраженным пределом. Внешний

вид этих кривых соответствует классическим десорбционным кривым, где механизм транспорта определяется диффузией низкомолекулярного вещества (ДПД). На вставке рис. 6 проведены прямые линии на зависимостях оптической плотности раствора ДПД, высвободившегося из волокон ПГБ, по которым были определены тангенсы углов наклона прямых участков. Тангенс прямолинейных участков, построенных в координатах диффузии (рис. 7), описывают только кинетический вклад в механизм высвобождения ДПД, и позволяет рассчитать коэффициенты диффузии последнего в волокнистых материалах ПГБ.

Графическое решение позволяет рассчитать эффективные коэффициенты диффузии ДПД в волокнах ПГБ. Для этого в координатах $(D_t - \text{tgt} * t) / D_\infty \sim t^{1/2}$, мы численно определили положительные тангенсы наклона $(\text{tg}\alpha)$, а затем по уравнению $D_{\text{дпд}} = \pi * L^2 (\text{tg}\alpha)^2 / 16$ провели соответствующий расчет. Таким образом, нелинейный участок кинетического профиля высвобождения ДПД определяется процессом диффузии. Резкое изменение значений коэффициента диффузии соответствует структурному переходу от геометрии чередующихся цилиндрических и веретеноподобных участков волокна к полностью цилиндрическим, что иллюстрируется микрофотографиями, представленными на рис.2.

Проявление двух процессов высвобождения (диффузионного и кинетического) позволяет предположить, что ДПД существует в волокнах ПГБ в двух формах: связанной (в объеме) и свободной (на поверхности). Следует отметить, что только свободная форма ДПД способна к быстрой десорбции с поверхности волокон ПГБ по диффузионному механизму. Поэтому кинетические кривые высвобождения в начальный момент времени имеют скачок. Другая форма ДПД, находящаяся в объеме полимера в иммобилизованном состоянии, имеет сравнительно низкую диффузионную подвижность. Ее десорбция из объема полимерного волокна обеспечивается частичной деградацией (гидролизом) ПГБ (потерей массы с включенной в нее иммобилизованной формой ДПД) по уравнению нулевого порядка [10, 11].

Методом электроформования получены ультратонкие волокна биодеградируемого ПГБ, содержащие различные концентрации лекарственного вещества - дипиридамола. Установлено, что при отсутствии и низком содержании ДПД (до 1%) волокна представляют собой чередование а) цилиндрических фрагментов с диаметром 1-3 мкм, и б) веретеноподобных утолщений со средним диаметром 5-7 мкм. С ростом концентрации ДПД от 3 до 5% волокна характеризуются только цилиндрической геометрией. Структурно динамическими методами определено, что волокна обладают неравновесной структурой и с ростом концентрации ДПД происходит дополнительной кристаллизация ПГБ, что способствует уплотнению аморфных областей ультратонких волокон. Отжиг волокон ПГБ приводит к дополнительному росту кристалличности полимера и снижению сегментальной подвижности в межкристаллических областях полимера. Определено, что высвобождение LGI протекает по диффузионному механизму с искажением профиля за счет геометрической и структурной неоднородности волокна. Результаты настоящего исследования позволят проектировать биополимерные терапевтические системы для направленного и пролонгированного транспорта биоактивных соединений и лекарственных веществ в живой организм.

Работа выполнена в лаборатории «Диффузионных явлений в полимерных системах» №0313 ФИЦ ХФ РАН (тема № АААА-А17-117040610309-0). Измерения проводились с помощью оборудования ЦКП «Новые материалы и технологии» ИБХФ РАН.

ЛИТЕРАТУРА

1. McClements D.J. // Adv. Colloid Int. Sci. 2015. V. 219. № 1. P. 27.
2. Fundamentals and Applications of Controlled Release Drug Delivery / Ed. by J. Siepmann, R.A. Siegel, M.J. Rathbone. London; New York, Dodrecht, Heidelberg: Springer 2012.- 594 p.
3. Liechty W.B., Kryscio D.R., Slaughter B.V., Peppas N.A. Polymers for Drug Delivery Systems // Annu. Rev. Chem. Biomol. Eng. 2010. V.1. P. 149–173.

4. Kamaly N., Yameen B., Wu J., Farokhzad O.C. Degradable Controlled-Release Polymers and Polymeric Nanoparticles: Mechanisms of Controlling Drug Release // *Chem. Rev.* 2016. V. 116. №4. P. 2602–2663.
5. Xu H., Li H., Chang J. Controlled drug release from a polymer matrix by patterned electrospun nanofibers with controllable hydrophobicity // *J. Mater. Chem. B.* 2013. V. 1. P. 4182-4188.
6. Kampeerapappun P. The electrospun polyhydroxybutyrate fibers reinforced with cellulose nanocrystals: Morphology and properties // *J. Appl. Polym. Sci.* 2016. V. 133. P. 43273. DOI: 10.1002/app.43273.
7. Bellani C.F., Pollet E., Hebraud A., Pereira F.V., Schlatter G., Avérous L., Bretas R.E.S., Branciforti M.C. Morphological, thermal, and mechanical properties of poly(ϵ -caprolactone)/poly(ϵ -caprolactone)-grafted-cellulose nanocrystals mats produced by electrospinning // *J. Appl. Polym. Sci.* 2016. V. 133. P. 43445. DOI: 10.1002/app.43445.
8. Tănase E.E., Popa M.E., Râpă M., Popa O. PHB/Cellulose Fibers Based Materials: Physical, Mechanical and Barrier Properties // *Agriculture and Agricultural Science Procedia.* 2015. V. 6. P. 608-615.
9. Филатов Ю. Н. Электроформование волокнистых материалов (ЭФВ-процесс). М.: Нефть и Газ, 1997. - 297 с.
10. Ольхов А.А., Маркин В.С., Косенко Р.Ю., Гольдштрах М.А., Иорданский А.Л. Влияние способа формования пленок на взаимодействие в смесях полигидроксибутират–полиуретан // *Журнал прикладной химии.* 2015. Т. 88. №2. С. 307-312.
11. Ольхов А.А., Панкова Ю.Н., Гольдштрах М.А., Косенко Р.Ю., Маркин В.С., Ищенко А.А., Иорданский А.Л. Структура и диффузионные свойства пленок на основе смесей полиамид—полигидроксибутират // *Материаловедение.* 2015. № 10. С. 20-27.

ДУБЛИРОВАННЫЕ ТЕКСТИЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ С ФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ СВОЙСТВАМИ

DUPLICATED TEXTILE MATERIALS WITH FUNCTIONAL PROPERTIES

Е. Г. Полушин, О. В. Козлова, О.И. Одинцова
E.G. Polyshin, O.V. Kozlova, O.I. Odintsova

Ивановский государственный химико-технологический университет
Ivanovo State University of Chemistry and Technology
E-mail: egpolushin@yandex.ru, ovk-56@mail.ru

В статье раскрыта актуальность создания дублированных материалов. Показана возможность использования отечественных акриловых сополимеров для прочного склеивания текстильных материалов и получения новых дублированных материалов с улучшенными потребительскими свойствами. Оценено влияние композиционного состава полимерного слоя на паропроницаемые свойства дублированных материалов. Показано, что введение минеральных наполнителей в полимерную матрицу изменяет ее паропроницаемые свойства.

Ключевые слова: дублированные текстильные материалы; мембранные технологии; минеральные наполнители; оксид графена; паропроницаемость.

The article discloses the relevance of creating duplicate materials. The possibility of using domestic acrylic copolymers for durable bonding of textile materials and obtaining new duplicated materials with improved consumer properties is shown. The influence of the composition of the polymer layer on the vapor-permeable properties of duplicated materials is estimated. It is shown that the introduction of mineral fillers into the polymer matrix changes its vapor-permeable properties. The most effective additives are kaolin and graphene oxide.

Keywords: duplicated textile materials; membrane technologies; mineral fillers; kaolin; graphene oxide; vapor permeability indicator.

Дублированные ткани получили свое признание в различных областях применения. Невозможно создать ткани с таким многообразием и универсальностью свойств, которые при этом были бы удобны и комфортны при эксплуатации. Так, например, свойства, необходимые современной одежде: спортивной, оздоровительной, для охотников, рыболовов, которая при небольшой своей массе хорошо держит тепло, выводит из ткани влагу в виде пара и при этом не пропускает ветер и влагу снаружи. А ткани для портьер типа Blackout должны обладать практически полной светонепроницаемостью, звуко- и теплоизоляцией и несминаемостью. Специальный состав дублированного материала позволяет ему впитывать запахи и не собирать пыль, благодаря чему Blackout можно применять в любых помещениях - домах, в офисах и др. Дизайн интерьера во многом зависит от отделки стен. Многие столетия текстильные обои являются одним из самых элитных материалов для декорирования помещений. При их выборе большое внимание обращают не только на цвет, рисунок и совместимость с общим колоритом комнаты, но и на структуру, износостойкость и экологичность используемого сырья. Кроме того, при определенных технологиях их создания (применение для колорирования и отделки тканей в основном полимерных пигментированных систем) они могут обладать прекрасными звуко- и запахопоглощающими свойствами и отлично сохранять тепло.

Перечисленные виды текстиля возможно произвести, используя приемы дублирования различных по природе и свойствам волокнистых материалов. Для этой цели используют ткани различного волокнистого состава и фактуры, трикотажные полотна или искусственный мех и др.

Целью настоящей работы является создание дублированных текстильных материалов с функциональными свойствами при использовании отечественных полимерных препаратов и технологий получения композитов, близких по свойствам к мембранным.

При этом, в зависимости от способов получения дублированных тканей результаты обеспечивают либо полное соединение поверхности между тканями, либо приобретают «дышащий» эффект мембранных тканей. Последняя технология наиболее сложная, применяется в изготовлении одежды с избирательной проницаемостью. Это детская, спортивная одежда, экипировка приверженцев активного зимнего отдыха, представителей экстремальных профессий. Введение мембран в состав защитных тканей позволяет выводить пары воды, не допуская при этом попадание внутрь влаги, ветра, дождя, снега.

Для дублирования текстильных материалов применяют полимерные препараты - клеи, удовлетворяющие определенным требованиям. Прежде всего они должны характеризоваться хорошей адгезией к текстильным материалам и образовывать достаточно эластичные пленки с высокой когезией, устойчивостью к влаге, светопогоде, к химической чистке и старению. Полимерные клеи, применяемые для склеивания материалов одежды, не должны также содержать веществ, вредно действующих на организм человека.

Много работ по изысканию и исследованию клеев, пригодных для склеивания текстильных материалов, проведено авторами [1,2]. Ими показано, что склеивание материалов путем сплошного клеевого покрытия приводит к повышенной жесткости материала, уменьшению паро- и воздухопроницаемости изделия и что для изготовления материалов для одежды правильнее применять клееные материалы, полученные мокрым склеиванием и представляющие собой волокнистый слой из натуральных и искусственных волокон, пропитанных растворами, эмульсиями, дисперсиями, латексами водорастворимых или органических вяжущих веществ, которые склеивают волокна без изменения их химического состава. Волокнистый слой или нити затем подвергают термообработке.

Установлена зависимость указанных выше свойств от природы и характеристик применяемого полимера для дублирования материалов (флизелина с хлопчатобумажной тканью, флиса с полиэфирной тканью и др.). При этом наибольшее предпочтение нами отдано акриловым сополимерам, как наиболее доступным, экологически безопасным и способствующим получению прочных, формоустойчивых и мягких, легко драпируемых материалов.

Исследования показали, что испытанные препараты серии акриловых сополимеров с различным соотношением известных мономеров в полимере таких, как метилметакрилат, акрилонитрил, стирол, бутилакрилат, акриламид и др. дают результаты по склеиванию материалов совершенно различные – от материалов с низкой адгезией, до прочно склеенных, устойчивых к мокрым обработкам, от материалов с жестким грифом до мягких, эластичных и легко драпирующихся.

При выборе полимеров для склеивания флизелина с хлопчатобумажной тканью (для обоев) предварительно проведена оценка полученного грифа модифицированной полимерами ткани, которая показала, что мягкий гриф текстильного материала (рисунок 1, где 1 – Рузин-33; 2 – Рузин-14и; 3 – Биндер-83; 4 – Гелизарин ЕТ; 5 – Рузин-14а; 6 - Ларус-33; 7 - ПВА), можно получить при использовании препаратов 1 и 2. Эти препараты относятся к акриловым сополимерам; водные тонкодисперсные эмульсии в процессе пропитки глубоко проникают в структуру волокна, где после сушки и фиксации завершается процесс пленкообразования. А наличие в структуре полимеров таких мономеров, как бутилакрилат, эфиры акриловой кислоты, обуславливают получение мягких и эластичных текстильных материалов. Кроме отечественных полимеров на диаграмме присутствуют данные при использовании зарубежных полимерных препаратов – Биндера-83 и Гелизарина ЕТ, которые широко используются в отечественной текстильной промышленности как связующие полимеры для пигментной печати.

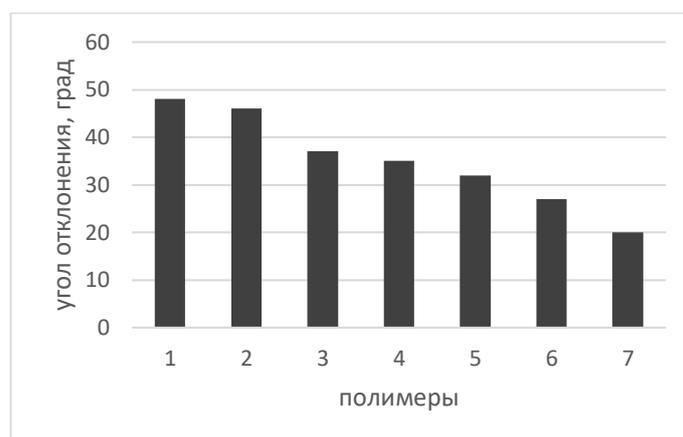


Рисунок 1. Показатели жесткости тканей, модифицированных различными полимерами: 1 - Рузин-33; 2 - Рузин-14и; 3 – Биндер-83; 4 – Ларус-33; 5 – Аквапол-11; 6 - Аквапол-12; 7 – ПВА

В то же время наличие в акриловом полимере винилацетатных фрагментов, как у Ларуса-33 и ПВА (соответственно 6 и 7 на диаграмме), значительно повышает жесткость ткани. Наиболее эффективным полимером для получения декоративных текстильных обоев на флизелиновой основе является Рузин-14и, как обеспечивающий наиболее прочную склейку натуральных (хлопчатобумажных, льняных, полульняных и др.) тканей с флизелином и мягкий гриф получаемых дублированных материалов.

Дублированные материалы, предназначенные для использования в одежде спортсменов, охотников, рыболовов и др. должны обладать комплексом других свойств: влаго- ветронепроницаемыми, паропроницаемыми.

В работе выбраны методы оценки этих показателей и определены основные технологические параметры дублирования (концентрации реагентов, температурно-временные регламенты технологии склеивания, природа полимера, минеральные наполнители и др.), обеспечивающие получение прочных материалов с паропроницаемыми и водонепроницаемыми свойствами

Оценено влияние природы полимера на качество приклея текстильного материала к флизелиновой основе. Используя ракельный метод нанесения клеевого состава на основе различных по природе акриловых и уретановых полимеров и фиксацию путем термопресса при температуре 150°C оценено качество склеивания материалов. Показано, что полиуретановые препараты серии Акваполов придают тканям значительное пожелтение, жесткий гриф и неровную фактуру, что отрицательно сказывается на качестве получаемого дублированного текстильного материала. Аквапол-21 не обладает свойством приклеивания, очевидно связанное с его высокой гидрофобной природой. Перечисленные недостатки устраняются при использовании акриловых препаратов серии Рузинов.

Коэффициент паропроницаемости дублированных материалов определяли по количеству водяного пара, которое пройдет через квадратный метр образца за сутки (показатель MVTR) [3]. На примере оксида графена показано влияние концентраций наполнителя на показатель паропроницаемости волокнисто-полимерного композита. Так увеличение минерального компонента с 10 до 30% от массы полимера приводит к повышению показателя MVTR со 191 г/м² до 1125 г/м², что соответствует требованиям для паропроницаемых тканей.

Таким образом используя различное количество вводимого сорбента в полимерную матрицу, можно изменять в сторону увеличения показатель паропроницаемости, что позволит прогнозировать заранее требуемые свойства дублированных материалов.

ЛИТЕРАТУРА

1. [Притыкин, Л. М.](#) Мономерные клеи / Л. М. Притыкин, Д. А. Кардашов, В. Л. Вакула. - М. : Химия, 1988. - 176 с.

2. Кардашов, Д. А. Конструкционные клеи / Д. А. Кардашов. - М. : Химия, 1980. - 288 с.
3. <https://sport-marafon.ru/article/odezhda/paropronitsaemost-i-vozdukhopronitsa-emost-v-chyem-raznitsa>. Обзор мембранной куртки Marmot Pre Cip.09.04.2019.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СВОЙСТВ ГРАДИЕНТНО-АРМИРОВАННЫХ ТЕРМОКЛЕЕВЫХ ПРОКЛАДОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

DESIGN OF PROPERTIES OF GRADIENT REINFORCED THERMOGLUE INTERLINING MATERIALS

Н.Л. Корнилова¹, С.А. Кокшаров²
N.L. Kornilova¹, S.A. Koksharov²

¹Ивановский государственный политехнический университет, (г. Иваново)

²Институт химии растворов имени Г.А. Крестова Российской академии наук, (г. Иваново)

¹Ivanovo State Polytechnic University, (Ivanovo)

²G.A. Krestov Institute of Solution Chemistry of the Russian Academy of Sciences, (Ivanovo)

E-mail: ksa@isc-ras.ru

Предложен метод модификации прокладочных материалов для решения технологических задач швейного производства по созданию и сохранению объемно-силуэтной формы швейных изделий. Метод базируется на подборе армирующей полимерной дисперсии, способной к образованию с термопластичным адгезивом высокоразветвленного графт-сополимера с проникновением боковых ответвлений в поровую систему волокнистых материалов. Выявлены критерии подбора армирующих полимерных дисперсий. Получена система регрессионных зависимостей для проектирования жесткости, упругости, прочности соединения слоев пакета, формообразующей способности полуфабрикатов и формоустойчивости готовых изделий, исходя из свойств базовых материалов и варьируемой топологии нанесения армирующей композиции.

Ключевые слова: композиционные прокладочные материалы для швейных изделий, межфазный слой, клеевой и армирующий полимеры, упруго-деформационные свойства дублированных пакетов.

A method of producing the reinforced interlining materials is developed. These materials enable to solve technological problems of sewing production for creation and preservation of a volume-silhouette form of garments. The method is based on selecting reinforcing polymer dispersion capable of forming with a thermoplastic adhesive a highly branched graft-copolymer with penetration of lateral branches into a porous system of fibrous materials. Criteria for selection of reinforcing polymer dispersions are identified. The system of regression dependences for design of rigidity, elasticity, strength of connection of layers, formability of semi-finished products and form stability of ready products, proceeding from properties of basic materials and the varied topology of drawing the reinforcing composition is received.

Keywords: the interlining composite materials for garments, the interphase layer, adhesive and reinforcing polymers, the elastic-deformation properties of the bonded materials.

В общепринятом понимании термин «армированный полимерный композиционный материал» означает систему, в которой полимерная матрица обеспечивает совместную работу армирующих элементов, определяющих механические свойства материала. Армирующие функции выполняет волокнистый наполнитель, который может применяться в различных формах: от индивидуальных неориентированных волокон (фибра) до сложных мультиаксиальных полотен и слоисто-каркасных систем. В этой привязке применяемые в швейном производстве термоклеевые прокладочные материалы (ТПМ) можно рассматривать как препреги, которые после дублирования с основным полотном обеспечивают получение армированных композитов, с одной существенной разницей – доминирующим содержанием волокнистого компонента над количеством полимерного связующего. Тем не менее, даже в малых количествах клеевая прослойка в пакете дублированных деталей существенно меняет упруго-деформационные свойства тканей, определяющие их способность к формообразованию и сохранению объемной формы под действием различных статических и динамических нагрузок при эксплуатации изделия.

При изучении механических свойств пакетов костюмных тканей, дублированных ТПМ на трикотажной основе с полиэфирной уточной нитью, установлено [1], что на жесткость пакета (EI_{Γ} , мН·см²) влияют жесткость основного материала (EI_{om}) и характеристики ТПМ:

поверхностная плотность (M_S , г/м²), волокнистый состав (G_6 и $G_{нз}$, % - содержание вязкого и полиэфирного волокна) и плотность распределения клеевых точек ($N_{КТ}$, ед./см²):

$$\begin{cases} \text{- в направлении нитей основы: } EI_{\Pi} = EI_{ом} (0,027M_S + 0,017G_6 + 0,0025N_{КТ}) \\ \text{- в направлении нитей утка: } EI_{\Pi} = EI_{ом} (0,049M_S + 0,0086G_{нз} + 0,0079N_{КТ}). \end{cases} \quad (1)$$

При синхронном увеличении показателей M_S от 58 до 80 г/м² и $N_{КТ}$ от 70 до 200 ед./см² и неизменном соотношении $G_6 / G_{нз}$ 70:30 % величина EI_{Π} возрастает в 1,31 раза по основе и в 1,58 раза по утку. Представленные на рис. 1 результаты сопоставления на основании зависимостей (1) вклада структурных характеристик ТПМ в изменение жесткости пакета демонстрируют, что в относительном выражении максимальный прирост достигается за счет увеличения количества клеевых точек. В абсолютном выражении величины прироста значения EI_{Π} за счет изменения параметров $N_{КТ}$ и M_S сопоставимы. Следовательно, варьирование содержания полимерного связующего является более эффективным вариантом регулирования жесткости пакета в сравнении с изменением массовой доли волокнистого компонента ТПМ.

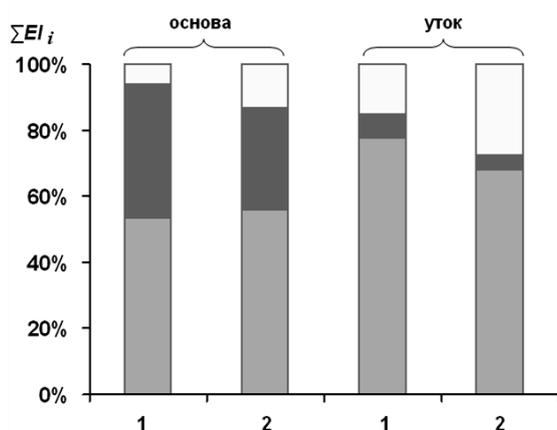


Рис. 1. Относительная величина вклада в достигаемый уровень жесткости дублированного пакета варьируемых характеристик ТПМ:
 1- $M_S = 58$ г/м²; $N_{КТ} = 70$ ед./см²; $G_{нз} = 30\%$
 2- $M_S = 80$ г/м²; $N_{КТ} = 200$ ед./см²; $G_{нз} = 30\%$

Разработки градиентно-армированных термоклеевых прокладочных материалов базируются на сведениях о повышенной жесткости высокоразветвленных макромолекул графт-сополимеров. К их числу относятся продемонстрированные на рис. 2 молекулярные щетки и гребнеобразные полимеры, структура которых отличается многочисленным присоединением к основной цепи узкодисперсных боковых радикалов.

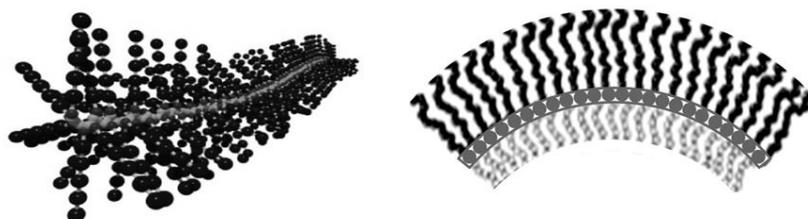


Рис. 2. Строение полимерных щеток и гребнеобразных полимеров

Интенсивное взаимодействие между ответвлениями обуславливает повышение показателя равновесной жесткости, уровень которого для привитых сополимеров полиимида и полиметилметакрилата в десятки раз превышает уровень показателя для исходных ароматических полиимидов [2]. Гибкость хребта поли- α -олефинов, полиалкилакрилатов и полиалкилметакрилатов снижается в 3...4 раза с ростом числа мономерных звеньев в боковых радикалах от 1 до 10 [3, 4].

Реализуемые нами подходы к получению армированных ТПМ [5, 6] предусматривают формирование развитой трехмерной структуры межфазного слоя в композитном материале за счет создания условий для проникновения боковых ответвлений полимерного связующего в поровую структуру волокнистого компонента. В экспериментах с модифицированием целлюлозосодержащих текстильных носителей [7] обоснованы размерные характеристики дисперсии армирующего полимера (АП), прививаемого к молекулярным цепям клеевого

полимера, обеспечивающие проникновение частиц АП в субмикроскопические и мезопоровые пространства волокнистого материала, поперечный размер которых при набухании в условиях ВТО возрастает до 3 нм и 30 нм соответственно. Частицы АП более крупных размеров не способны проникать в поровую структуру волокон и дислоцируются в межволоконных пространствах и на поверхности нитей. Измерение размера наночастиц в гидрозолях с полифракционным составом дисперсной фазы методом динамического светового рассеяния целесообразно осуществлять с учетом рекомендаций [8].

Как показано на рис. 3, нанесение армирующей дисперсии даже в исходной форме является достаточно эффективным. При содержании АП на волокне 0,3 масс.% показатель EI возрастает в 2 раза. Ультразвуковая обработка для дезагрегации дисперсии снижает размер частиц АП до 40 нм, однако область дислокации дисперсии не изменяется – и в этом случае образование 3D-сополимерных структур происходит в межнитяных и межволоконных пространствах текстильного носителя. Причем уменьшение размера прививаемых радикалов обуславливает снижение приращения величины EI в 1,2 раза.

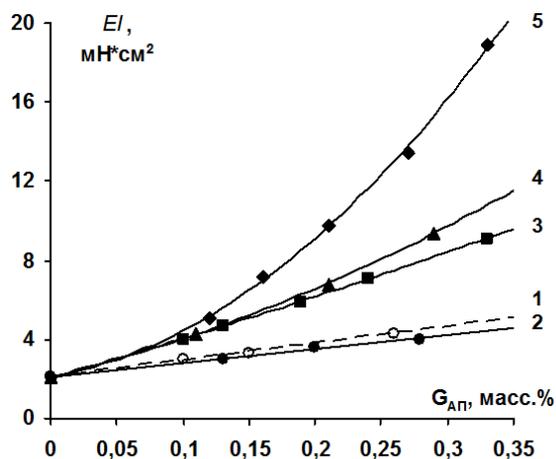


Рис. 3. Зависимость показателя жесткости (EI) целлюлозосодержащего прокладочного материала от количества наносимой дисперсии армирующего полимера ($G_{АП}$) с величиной гидродинамического размера частиц:

- 1- 450 нм;
- 2- 40 нм;
- 3- 15 нм;
- 4- 9 нм;
- 5- 2,5 нм

В случае механоактивированного дробления АП до размера мезопоровых пространств набухшего целлюлозного волокна наблюдается увеличение прироста показателя EI в 2...2,5 раза (кр. 3 и 4) по сравнению с нанесением неактивированной дисперсии (кр.1). Применение роторно-пульсационных методов ультрадиспергирования АП (кр. 5) обеспечивает полное использование внутреннего объема волокна, включая субмикроскопические поровые пространства, что отражается в повышении показателя EI до 10 раз.

Данные рис. 3 позволяют описать концентрационные зависимости приращения показателя жесткости следующими выражениями (в скобках – размер частиц в дисперсии АП):

$$\begin{cases} \Delta EI_{(450\text{ нм})} = 8,375 \cdot G_{АП}; \\ \Delta EI_{(15\text{ нм})} = 18,88 \cdot G_{АП} + 7,36 \cdot G_{АП}^2; \\ \Delta EI_{(2,5\text{ нм})} = 11,39 \cdot G_{АП} + 117,83 \cdot G_{АП}^2 \end{cases} \quad (2)$$

Линейный член в уравнениях системы (2) отражает эффективность модификации связующего в межволоконной зоне. Квадратичный член характеризует прогрессирующее нарастание жесткости за счет подключения поровой системы прокладочного материала. Представленные зависимости демонстрируют, что проведение механоактивации АП позволяет в 1,4...2,3 раза усилить упрочнение клеевой прослойки между текстильными полотнами. Причем режим ультрадиспергирования АП обеспечивает 16-кратное повышение эффективности использования поровой системы прокладочного материала.

Подбор армирующих дисперсий осуществляется по результатам исследования реакции сополимеризации с макромолекулами термопластичного адгезива и температурных интервалов ее протекания в соответствии с технологическими ограничениями параметров проведения

операции ВТО [9]. Представленные на рис. 4а результаты демонстрируют, что образование полиамидно-полиакрилатного графт-сополимера сопровождается уменьшением на ИК-спектрах полосы поглощения валентных колебаний ν_{N-H} в аминогруппе полиамидного адгезива при 725 см^{-1} .

По результатам исследований определено несколько сочетающихся пар клеящего и армирующего компонентов полимерного связующего и обоснованы технологические режимы получения наномодифицированных препрегов. При этом, как показано на рис. 4б, предварительное дублирование пакета на термопрессе должно осуществляться при температуре, превышающей точку плавления клеевого полимера $T_{пл}$ в присутствии армирующей дисперсии. А реакция между полимерными компонентами должна инициироваться при более высокой температуре T_p , максимально приближенной к параметрам нагрева в условиях ВТО [10].

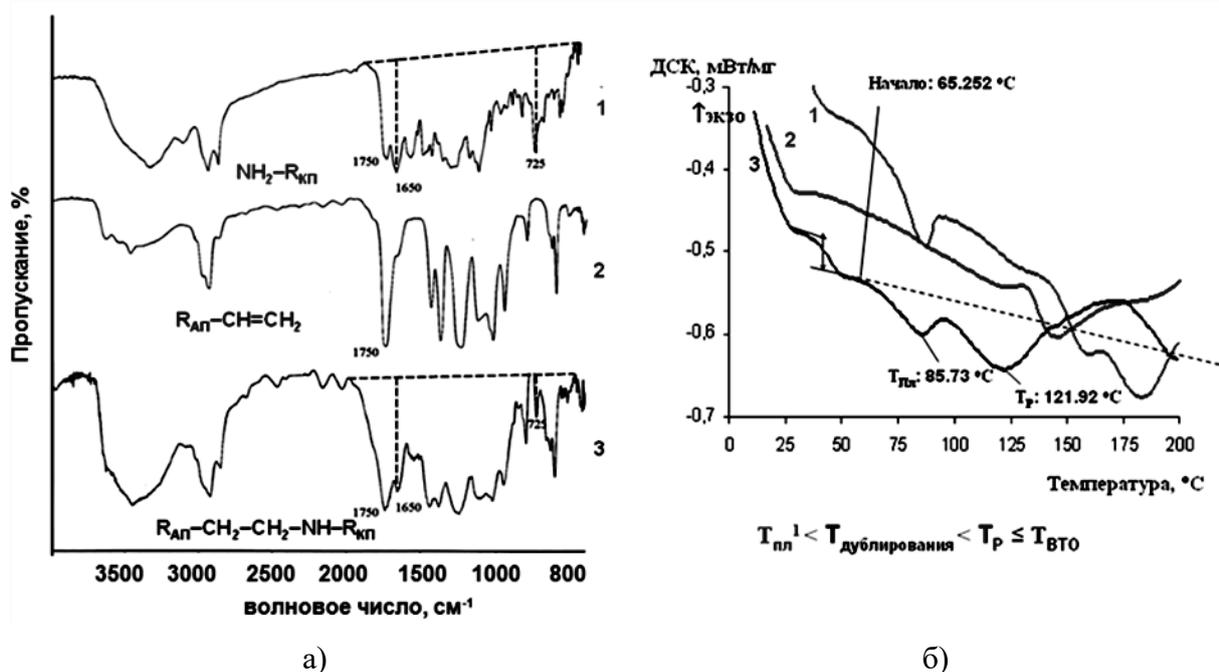


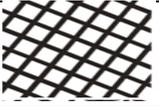
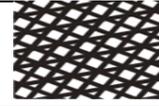
Рис. 4. ИК-спектры (а) и ДСК-кривые (б) полиамидного клея ПА-12 АКР (1), олигоакрилатной дисперсии (2) и полиамидно-полиакрилатного аддукта (3)

Сложной технической задачей является регулирование формоустойчивости материала на разных участках изделия с учетом интенсивности эксплуатационных деформирующих воздействий. На практике варьирование упруго-деформационных свойств на разных участках детали швейного изделия достигается путем изменения числа слоев пакета с максимальным их количеством в зонах наибольшего деформирования, например, на участке плечевого ската в деталях полочки плечевых видов одежды. Состав многослойного пакета подбирается эмпирически из имеющихся в наличии прокладочных материалов.

Использование методов трафаретной и струйной печати водной дисперсией армирующего полимера обеспечивает получение эффектов зонного изменения показателя жесткости в пределах одной заготовки армированного прокладочного материала. Это является альтернативой традиционному использованию многослойных пакетов формообразующих деталей изделия.

В табл. 1 показаны сопоставляемые варианты получения армированных ТПМ с варьируемой топологией нанесения дисперсии АП за счет изменения взаимной ориентации и плотности расположения полос. Для всех вариантов в тестовом эксперименте обеспечено одинаковое удельное нанесение дисперсии АП на единицу армируемой поверхности в количестве 2 мг/см^2 . Плотность рисунка определяет относительную величину площади покрытия поверхности материала армирующей дисперсией S_A .

Таблица 1. Характеристика рисунков нанесения полимерной композиции

Эскиз рисунка					
Площадь армирования, S_A	0,35	0,45	0,50	0,55	0,65

Получена система регрессионных зависимостей для проектирования величины показателей жесткости (EI , мН*см²) и упругости (U , %) армированного пакета, формовочной способности полуфабрикатов (Φ , %) и формоустойчивости готовых изделий ($Ky\phi$, %), а также усилия расслаивания материалов (P , даН/см). Результаты систематизированы с учетом свойств базовых материалов и регулируемой топологии нанесения армирующей композиции.

Для типовых термоклеевых прокладочных материалов на тканой основе (ТПМ1) зависимости изменения контролируемых показателей имеют следующий вид (первый член в правой части уравнений отражает величину показателя для пакета с немодифицированным прокладочным материалом):

$$\begin{cases} EI = EI_{\text{ТПМ1}} - 11,79 \cdot S_A + 74,09 \cdot S_A^2 \text{ (диапазон } EI = 4,6 \dots 30,3 \text{ мН} \cdot \text{см}^2); \\ U = U_{\text{ТПМ1}} + 24,04 \cdot S_A + 19,41 \cdot S_A^2 \text{ (диапазон } U = 65 \dots 93 \text{ \%);} \\ \Phi = \Phi_{\text{ТПМ1}} + 12,7 \cdot S_A - 47,3 \cdot S_A^2 + 1,5 \cdot S_A^3 \text{ (диапазон } \Phi = 10 \dots 20 \text{ \%);} \\ Ky\phi = Ky\phi_{\text{ТПМ1}} - 143,1 \cdot S_A + 628,5 \cdot S_A^2 - 522,1 \cdot S_A^3 \text{ (диапазон } Ky\phi = 65 \dots 93 \text{ \%);} \\ P = P_{\text{ТПМ1}} - 6,91 \cdot S_A + 32,52 \cdot S_A^2 - 24,03 \cdot S_A^3 \text{ (диапазон } P = 5 \dots 7,3 \text{ даН/см).} \end{cases} \quad (3)$$

Как видно, зависимости влияния площади армирования на величину показателей могут иметь тенденцию к нарастанию или замедлению изменений соответственно при одинаковых или различающихся знаках переменных слагаемых в биномиальных уравнениях, а также экстремальный характер в случае полиномиальных выражений.

Зависимости для типовых термоклеевых прокладочных материалов на трикотажной основе (ТПМ2) имеют аналогичный вид:

$$\begin{cases} EI = EI_{\text{ТПМ2}} - 7,73 \cdot S_A + 76,84 \cdot S_A^2 \text{ (диапазон } EI = 1,8 \dots 28,2 \text{ мН} \cdot \text{см}^2); \\ U = U_{\text{ТПМ2}} + 39,85 \cdot S_A + 19,72 \cdot S_A^2 \text{ (диапазон } U = 50 \dots 90 \text{ \%);} \\ \Phi = \Phi_{\text{ТПМ2}} + 4,4 \cdot S_A - 15,5 \cdot S_A^2 + 0,5 \cdot S_A^3 \text{ (диапазон } \Phi = 17,5 \dots 21 \text{ \%);} \\ Ky\phi = Ky\phi_{\text{ТПМ2}} - 95,3 \cdot S_A + 432,4 \cdot S_A^2 - 335,9 \cdot S_A^3 \text{ (диапазон } Ky\phi = 62 \dots 90 \text{ \%);} \\ P = P_{\text{ТПМ2}} - 8,23 \cdot S_A + 45,45 \cdot S_A^2 - 32,61 \cdot S_A^3 \text{ (диапазон } P = 3,8 \dots 5,9 \text{ даН/см).} \end{cases} \quad (4)$$

Анализ уравнений в системах (3) и (4) свидетельствует, что для трикотажных материалов варьирование величины S_A дает более существенные изменения технологических свойств дублированного пакета. Показательно, что в исследуемом интервале значений S_A приращение показателя жесткости для пакетов с армируемым ТПМ2 лишь 1,1 раза больше, чем для аналогов на базе армированного ТПМ1 на тканой основе (5,7...26,8 мН/см² против 5,1...23,7 мН/см²). При этом по величине показателей упругости и усилия скрепления слоев для ТПМ2 наблюдается соответственно 1,5- и 2-кратное увеличение дополнительного прироста. Отметим также, что армирование трикотажных носителей вызывает в 3,2 раза меньшее снижение показателя формовочной способности полуфабрикатов. При этом оба вида текстильных основ ТПМ дают после ВТО примерно одинаковое повышение коэффициента $Ky\phi$ с ростом величины варьируемого показателя S_A .

В табл. 2 сопоставлены основные характеристики получаемых дублированных пакетов при использовании в качестве основного материала костюмной ткани арт. 41570 и термоклеевого прокладочного материала на трикотажной основе арт. 1209.

Технологические и потребительские свойства пакетов с типовым и армированными прокладочными материалами ($G_{АП} = 0,5 \dots 4$ г/кг).

Показатель оценки, размерность	Величина показателя для пакета	
	типового	армированного
толщина, мм	1,76	1,75...2,0
жесткость, мН*см ² , после: - дублирования - ВТО	2,1	2,3...2,6
	2,5	3,2...26,7
минимальный шаг варьирования жесткости, мН*см ²	1,0	0,2
драпируемость после дублирования, %	20	19...23
формовочная способность после дублирования, %	21	20,7...17,5
упругость после ВТО, %	55	75...85
усилие расслаивания клеевого соединения, даН/см	5,0	5,8...10,7
коэффициент устойчивости объемной формы, %, после: - 24 ч хранения - 48 ч хранения - нагружения - 20 тыс. циклов деформирования - 5 циклов химической чистки	85	93...97
	83	92...93
	77	90...92
	72	87...89
	70	81...86
воздухопроницаемость, дм ³ /(м ² с)	64,7	62...64,3
гигроскопичность, %	4,1	4,0...4,2

Представленные данные демонстрируют широкие технологические возможности варьирования свойств пакета на базе одного вида ТПМ при изменении количества наносимого армирующего полимера. Нанесение армирующей полимерной композиции, практически не меняя толщину пакета и жесткость заготовки после операции дублирования, обеспечивая дополнительное увеличение жесткости пакета после стадии ВТО в 1,3...10,5 раза. При этом дискретность в регулировании показателя жесткости как минимум в 5 раз превышает возможности практикуемых методов введения дополнительных слоев прокладочных материалов. Величина показателя драпируемости свидетельствует, что пакет, дублированный армированным ТПМ, сохраняет свою формообразующую способность после предварительного дублирования на термопрессе до операции ВТО, а после ее проведения уровень упругости армированного пакета возрастает в 1,35...1,55 раза и достигает своего технологического максимума. Повышение формоустойчивости изделия при сохранении требуемого уровня гигиенических показателей являются важнейшими потребительскими характеристиками получаемой продукции.

Таким образом, разработанный способ получения градиентно-армированных термоклеевых материалов ориентирован на практическую реализацию непосредственно в условиях швейных предприятий или на предприятиях-партнерах, специализирующихся на обслуживании нескольких швейных предприятий и на осуществлении модификации заготовок прокладочных материалов с учетом требований заказчика. Использование предлагаемой технологии обеспечит успешное решение практических задач швейных предприятий по обеспечению высокого качества и расширению ассортимента выпускаемой продукции, изготавливаемой малыми, но быстро меняющимися партиями или по персонализированным моделям.

Исследования выполнены с использованием приборной базы ЦКП «Верхневолжский региональный центр физико-химических исследований».

ЛИТЕРАТУРА

1. Кокшаров С.А., Корнилова Н.Л., Радченко О.В. Влияние структурных характеристик термостойких материалов на жесткость дублированного пакета // Изв. вузов. Технология текст. пром-сти. 2016. № 4. С. 96-101.
2. Филиппов А.П., Беляева Е.В., Красова А.С. и др. Синтез и исследование свойств в растворах привитых блок-сополимеров полиимида и полиметилметакрилата // Высокомолек. соед. Сер. А. 2014. Т. 56. № 1. С. 3-12.
3. Субботин А.В., Семенов А.Н. Пространственная самоорганизация гребнеобразных макромолекул // Высокомолек. соед. Сер. А. 2007. Т. 49. № 12. С. 2139-2172.
4. Колбина Г.Ф., Кононов А.И., Штенникова И.Н. и др. Влияние молекулярной архитектуры бокового радикала на оптические свойства гребнеобразных полимеров // Высокомолек. соед. Сер. С. 2010. Т. 52. № 7. С. 1314-1317.
5. Kornilova N., Koksharov S., Arbusova A. et al. Development of reinforced interlining materials to regulate elastic properties // Indian Journal of Fibre & Textile Research. 2017. Vol. 42. P. 150-159.
6. Кокшаров С.А., Корнилова Н.Л., Федосов С.В. Модификация полиэфирного волокна для создания композитных материалов с регулируемой жесткостью // Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2016. Т. 59. № 6. С. 105-111.
7. Кокшаров С.А., Корнилова Н.Л., Федосов С.В. Получение армированных композиционных материалов с нанопористым текстильным носителем и щеточным строением полимерного межфазного слоя // Рос. хим. ж. 2015. Т. LIX, № 3. С. 112-123.
8. Кокшаров С.А. О применении метода динамического светового рассеяния для оценки размера наночастиц в бикомпонентном гидрозоле // Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2015. №1. С 33-36.
9. Koksharov S.A., Kornilova N.L., Fedosov S.V. Development of reinforced composite materials with a nanoporous textile substrate and a brush-structured polymer interfacial layer. // Russ. J. Gen. Chem. 2017. V. 87. N 6. P. 1428-1438. DOI: 10.1134/S1070363217060469
10. Koksharov S.A., Kornilova N.L., Shammut J.A. et al. Synthesis of a highly chained polymeric connecting in the structure of a multilayered package for garments // Key Engineering Materials. 2019. V. 816. P. 219-227. DOI: 10.4028/www.scientific.net/KEM.816.219

МЕТОД РАВНОМЕРНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАНОДИСПЕРСНОГО ДИОКСИДА КРЕМНИЯ В ПОЛИМЕРНОМ СВЯЗУЮЩЕМ КОМПОЗИТНОГО МАТЕРИАЛА

METHOD OF EQUAL DISTRIBUTION OF NANODISPERSE SILICON DIOXIDE IN THE POLYMER BINDER OF COMPOSITE MATERIAL

С.А. Кокшаров¹, Н.Л. Корнилова²
S.A. Koksharov¹, N.L. Kornilova²

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

²Ивановский государственный политехнический университет

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

²Ivanovo State Polytechnic University

E-mail: ksa@isc-ras.ru

По данным ИК-спектроскопии сопоставлено изменение состояния коллоидного диоксида кремния при ультразвуковом способе диспергирования и механоактивации на роторно-пульсационном активаторе с комплексным воздействием высоких сдвиговых напряжений, ультразвука и кавитации. Комбинированный способ механоактивации вызывает разрыв силоксановых связей и увеличение содержания силанольных групп. При совместной механоактивации бинарной системы кремнезема с акрилатными дисперсиями наблюдается протекание хемосорбции олигоакрилатов с образованием нового типа связей Si-O-C и Si-C. Методом ДСК оценено влияние модификации олигоакрилата на условия образования графт-сополимера с термопластичным полиамидным связующим.

Ключевые слова: диоксид кремния, акрилатная дисперсия, взаимодействие, механоактивация

Colloidal silicon dioxide was subjected to ultrasonic dispersion and mechanical activation on a rotary pulsation activator with complex exposure to high shear stresses, ultrasound and cavitations. According to IR spectroscopy the change in the state of colloidal silicon dioxide is compared. The combined mechanoactivation method causes breakage of siloxane bonds and an increase in the content of silanol groups. Co-mechanoactivation of the binary silica system with acrylate dispersions results in chemisorption of oligoacrylates with the formation a new type of Si-O-C and Si-C bonds. By differential scanning calorimetry method the effect of the modification of the oligoacrylate on the conditions of the graft-copolymer with the thermoplastic polyamide binder formation was evaluated.

Keywords: silicon dioxide, acrylate dispersion, interaction, mechanical activation.

Перспективы широкого внедрения цифровых технологий проектирования швейных изделий ориентированы на кардинальное сокращение сроков и стоимости создания продукции в сочетании с освоением методов оперативного изменения свойств применяемых материалов под требования разрабатываемых конструкций [1-3]. Широкие возможности для регулирования механических свойств термоклеевых прокладочных материалов и формообразующей способности дублированных деталей одежды обеспечивают методы специфической организации клеевого слоя между соединяемыми полотнами, базирующиеся на современных достижениях в области синтеза полимеров сложной пространственной архитектуры [4]. Интерес представляет получение графт-сополимеров в виде молекулярных щеток и гребнеобразных полимеров с присоединением к основной цепи множественных боковых радикалов, взаимодействие которых определяет уровень жесткости макромолекул [5]. Усиление эффектов армирования полимерно-волокнистых композитов обеспечивают методы самосборки сополимерного связующего с проникновением боковых ветвей в поровую структуру волокнистого компонента [6-8].

Дополнительные возможности регулирования упруго-деформационных свойств композиционных материалов могут быть получены с помощью нанодисперсных наполнителей с высоким модулем упругости, в частности, диоксида кремния (кремнезем, «белая сажа»). Сферы применения нанодисперсного SiO₂ разнообразны: строительство, машиностроение,

лакокрасочная промышленность, оптика и электроника, биотехнологии, медицина и др. Преимущества усиленных кремнеземом резино-технических изделий и пластмасс показаны, например, в монографии [9]. Специфика получения гибридных полимер-неорганических систем с использованием SiO_2 в качестве упрочняющего наполнителя рассмотрена в обзоре [10].

Одна из проблем модификации полимерных материалов связана с агрегацией диоксида кремния и трудностями равномерного распределения частиц в объеме полимера. В частности это проявляется в нестабильных изменениях температуры стеклования композита на основе полистирола с варьируемым содержанием SiO_2 [11]. Исследования таких систем методом сканирующей электронной микроскопии подтвердили образование агломератов с возрастающими размерами по мере увеличения массовой доли кремнезема [12]. Методы повышения однородности свойств полимер-неорганических композитов за счет поверхностной модификации частиц кремнезема рассмотрены в обзоре [13]. В настоящем исследовании развиваются подходы к повышению равномерности распределения нанодисперсного SiO_2 за счет инициирования взаимодействия его частиц с олигоакрилатами, применяемыми, в частности, для прививки к термопластичным полиамидам при получении армированных формообразующих элементов одежды [14].

В качестве объектов исследования использованы гидрозольные препараты коллоидного диоксида кремния (ф. *Guangzhon Jiechuang Trading Co. Ltd*, Китай; содержание SiO_2 25–26 %, степень чистоты 99,5 %) и сополимера стирола, бутилакрилата и акриловой кислоты Акратам AS (ПАО «Пигмент», г. Тамбов, Россия; массовая доля нелетучих веществ 50 %).

Как показано на рис. 1, частицы коллоидного диоксида кремния имеют практически идеальную сферическую форму с тетраэдральной организацией силоксановых связей в ядре и множеством силанольных групп на поверхности. В гидрозоле дисперсная фаза находится в агрегированном состоянии.

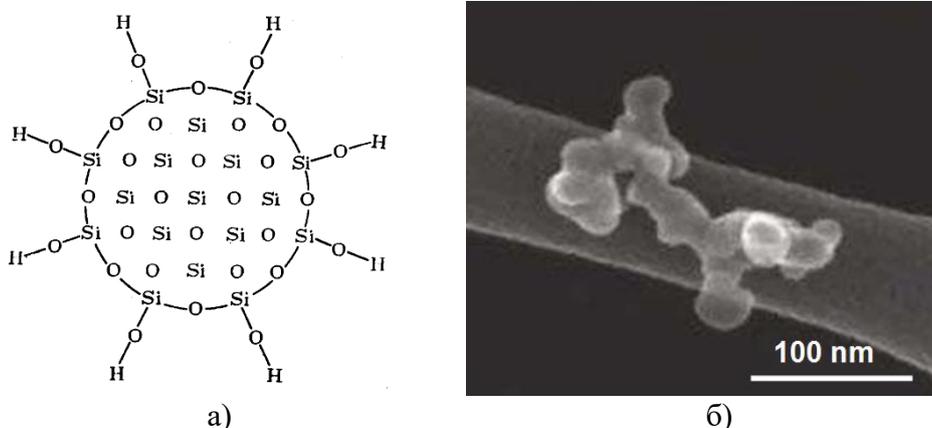


Рис. 1. Схема строения частицы (а) и СЭМ-изображение [15] агрегатов (б) коллоидного диоксида кремния

Для дезагрегации частиц в исходном кремнезоле применяли ультразвуковую обработку в дезинтеграторе УЗДН-2Т при частоте 22 Гц, а также рекомендованное для подготовки дисперсий армирующих полимеров комплексное воздействие высоких сдвиговых напряжений, ультразвука и кавитации на лабораторном роторно-пульсационном активаторе (РПА) [14]. Режимы механоактивации в интервале градиента скорости сдвига $(0,5–17,4)10^4 \text{ с}^{-1}$ подобраны с учетом сведений о кавитационной эрозии твердофазных частиц, в частности, суспензии хитина [16] в сочетании с данными об устойчивости гидратированных гибкоцепных полимеров [17].

Размер частиц в гидрозолях измеряли методом динамического светового рассеяния на анализаторе Zetasizer Nano ZS с учетом рекомендаций [18] для исследования

полифракционных систем. Данные рис. 2 демонстрируют, что в исходном препарате размер агрегированных частиц составляет от 70 до 170 нм. На долю доминирующей фракции с размером 110 нм приходится 37,4 % объема дисперсной фазы. Ультразвуковая обработка обеспечивает эффективную дезагрегацию кремнезема, смещая положение пика до 12–45 нм. Основная часть (41 % объема дисперсной фазы) приходится на фракции с размером 19 и 22 нм, что соответствует параметрам индивидуальных частиц.

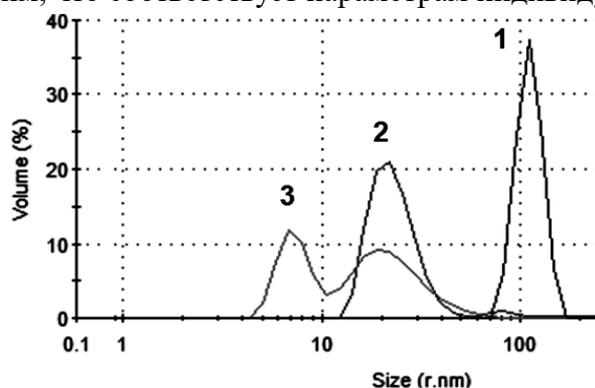


Рис. 2. Распределение по размеру частиц относительного объема дисперсной фазы в исходном гидрозоле диоксида кремния (1), после воздействия ультразвука (2) и обработки в РПА (3)

После механоактивации в РПА зафиксировано бимодальное распределение размера дисперсной фазы. Доля фракции 19 нм снижается до 9 %. Суммарный объем фракций с размером менее 10 нм составляет 37 %.

Изменение состояния системы проявляют результаты ее исследования методом ИК-спектроскопии с применением инфракрасного Фурье-спектрометра Vertex 80v фирмы Bruker. На рис. 3 сопоставлены спектрограммы для применяемых способов диспергирования гидрозоля.

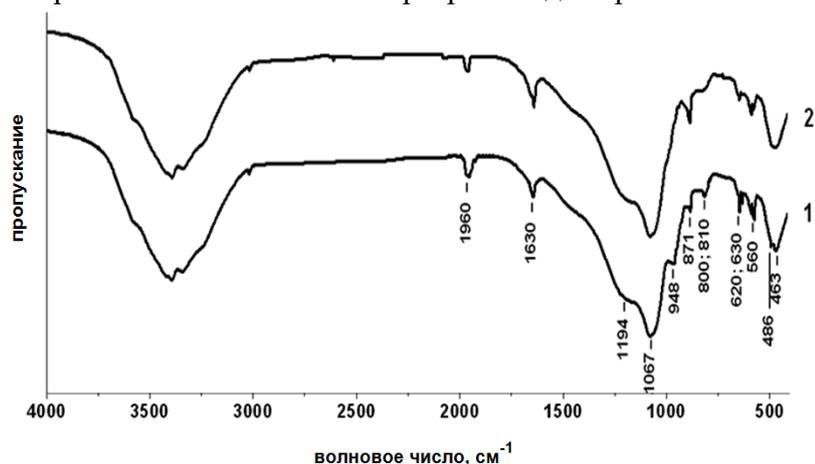


Рис. 3. Инфракрасные спектры поглощения диоксида кремния после проведения ультразвуковой обработки (1) и механоактивации гидрозоля (2)

Сравнение кривых показало, что способ подготовки гидрозоля SiO_2 не влияет на широкую полосу 3700–3000 cm^{-1} . Эта область поглощения обусловлена наложением полос валентных колебаний силанольных групп, а также координационно связанной и адсорбированной воды. В спектральной зоне «отпечатков пальцев» (1500–400 cm^{-1}) на кр. 2 исчезают полосы поглощения, которые отражают взаимодействие молекул воды в объеме гранул с изолированными (620 cm^{-1}) и связанными (480 cm^{-1}) группами SiOH , а также пик либрационных колебаний H_2O в порах кремнезема (950 cm^{-1}). При этом в области деформационных колебаний молекул воды наблюдается возрастание интенсивности полосы поглощения поверхностно адсорбированной влаги (1630 cm^{-1}).

Интенсивная полоса 1067 cm^{-1} формируется асимметричными валентными колебаниями ν_{as} связей Si-O-Si . Пик не меняет положение после обработки в РПА. Вместе с тем снижение интенсивности пиков валентных колебаний Si-O при 465, 560, 630, 800, 1194 и 1960 cm^{-1} на кр. 2 позволяет предполагать о разрушении силоксановых связей в сетке тетраэдов SiO_4 после механоактивации кремнезоля. Картину дополняет нарастание пика деформационных колебаний $\delta_{\text{Si-OH}}$ при 870 cm^{-1} , отражающее увеличение содержания силанольных групп.

Для спектральной оценки межчастичных взаимодействий коллоидного SiO_2 и акриланной дисперсии (АД) анализу подвергали образцы с малым содержанием акрилата.

Это позволяет вычленить характеристические полосы поглощения АД на фоне изменений спектрального профиля кремнезема с выявлением пиков, отражающих формирование новых видов связи. Бикомпонентные системы SiO₂–АД получали смешиванием 100 мл диспергированного ультразвуком кремнезоля с 10 мл механоактивированной АД, либо совместной обработкой в РПА смеси исходных препаратов в нужном соотношении. Результаты анализа для двух вариантов получения гибридных аддуктов представлены на рис. 4.

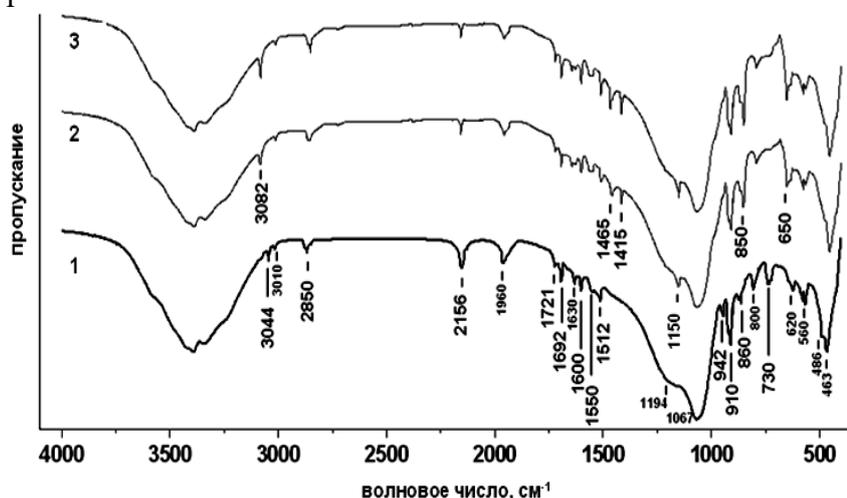


Рис. 4. ИК спектры аддуктов взаимодействия кремнезема и акрилатной дисперсии с массовым соотношением компонентов 9 : 1 (1, 2) и 7 : 3 (3):
1- ультразвуковая обработка коллоидного SiO₂;
2, 3 - механоактивания бинарного гидрозоля

Зависимости демонстрируют наличие характеристических полос поглощения карбонильных групп акрилата при 1692 и 860 см⁻¹, валентных (2850 см⁻¹) и деформационных (910 см⁻¹) колебаний связи С–Н в алкильной цепи, а также С–С-валентных скелетных колебаний ароматического кольца при 1512 см⁻¹. На кр. 1 наблюдается существенное снижение интенсивности полосы валентных и деформационных колебаний молекул поверхностно адсорбированной воды (1630 см⁻¹) в сравнении с зависимостями, представленными на рис. 3. Это свидетельствует о частичном вытеснении гидратационного окружения частиц кремнезема полимерным компонентом. О физической природе адсорбционных взаимодействий свидетельствует наличие характеристической полосы поглощения 2156 см⁻¹, которая формируется колебаниями силанольных групп, образующих водородную связь с карбонилем акрилата.

На кр. 1 отмечаем наличие полосы маятниковых колебаний винильной группировки (730 см⁻¹) и совокупность пиков, сформированных валентными колебаниями двойной связи СН₂=С– (3044, 1730, 1550, 942 см⁻¹). Отсутствие указанных полос на кр. 2 свидетельствует об инициировании полимеризационных процессов на стадии механоактивации бинарной системы. Смещение полосы 3044 см⁻¹ в высокочастотную область при переходе к кр. 2 (3082 см⁻¹) отражает нарастание поглощения валентных колебаний в группировках С(Н)_n, образующихся в результате преобразования винилиденового фрагмента олигоакрилата.

Вместе с тем на кр. 2 имеются полосы, отражающие образование новых типов связи. Полоса 1150 см⁻¹ демонстрирует наличие связи силоксановых групп с атомом углерода Si–O–C. Появление пиков при 650 и 850 см⁻¹ является характеристическим признаком возникновения связи Si–C. В дополнение наблюдаем полосы поглощения 1415 и 1645 см⁻¹, которые приписывают ножничным колебаниям атомов водорода в группировках Si–(R)C<(H)₂. Увеличение интенсивности указанных полос при 3-кратном повышении количества вводимого гидрозоля АД отражает возрастание полноты сольватационного окружения частиц SiO₂

Результаты анализа ИК-спектров позволяют сделать заключение, что совместная обработка препаратов с комбинированным воздействием сдвиговых нагрузок, ультразвука и кавитации обеспечивает разрыв силоксановой сетки в структуре наночастиц диоксида кремния с протеканием гидролиза разрушенной связи. Вместе с тем вполне вероятно образование радикальных продуктов разрыва связи Si–O–Si и присоединение силоксанового

макрорадикала к «хвосту» олигоакрилата, что может способствовать равномерному распределению нанодисперсного кремнезема в объеме полимерного связующего.

Методом ДСК с использованием калориметра DSC 204 F1 Phoenix с μ -сенсором оценено влияние модификации акрилатной дисперсии на протекание термоинициируемой сополимеризации с полиамидными препаратами, наносимыми на полотно термоклеевых прокладочных материалов. Препарацию двухкомпонентных объектов осуществляли введением 10 масс.% порошковой формы клеевого полимера в гидрозоль АД с отливкой образцов на стеклянных шаблонах и сушкой на воздухе.

На рис. 5-а сопоставлены ДСК-кривые аддуктов взаимодействия полиамидного препарата ПА-12 АКР с исходной дисперсией Акратам AS и после совместной механоактивации с гидрозолеом диоксида кремния в соотношении 9:1.

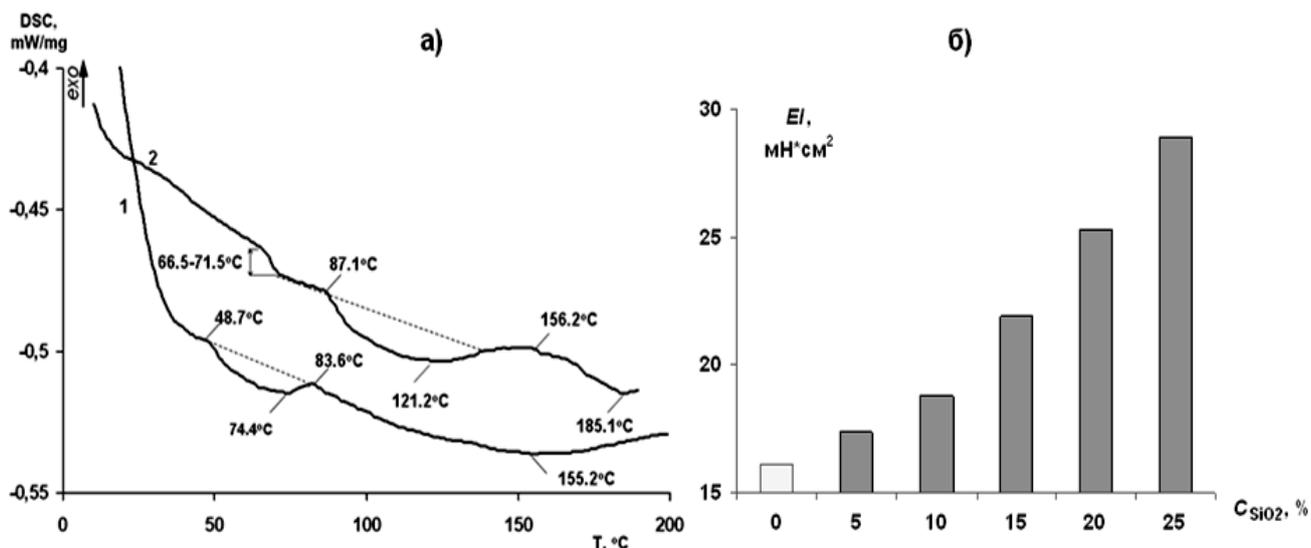


Рис. 5. ДСК-кривые (а) аддуктов сокристаллизации ПА-12 АКР и Акратам AS и зависимость показателя жесткости дублированного пакета от количества вводимого упрочняющего наполнителя в отношении к количеству наносимого армирующего полимера (б):

1- Акратам AS в исходном состоянии;

2- Акратам AS после механоактивации с 10%-ной добавкой диоксида кремния

Исходная форма олигоакрилата малоприспособна для армирования термоклеевых прокладочных материалов, применяемых в швейном производстве в связи с низкой температурой пленкообразования. Пленкообразование бикомпонентного аддукта начинается при 48,7°C с максимумом при 74,4°C. Пик последующего плавления приходится на 155°C. В процессах швейного производства эффективное изменение упруго-деформационных свойств прокладочных материалов и повышение жесткости дублированных деталей с целью закрепления объемной формы изделия должно происходить на завершающей стадии технологического процесса – в условиях влажно-термической обработки (ВТО) [19].

Хемосорбционное взаимодействие АД с наночастицами SiO_2 повышает термостойкость олигоакрилата. Аддукт сокристаллизации модифицированной АД с полиамидом переходит из застеклованного в пластифицированное состояние в диапазоне 66–71,5°C. Пик пленкообразования смещается до 120°C, что соответствует температурным режимам проведения ВТО и позволяет причислить модифицированный препарат акрилатной дисперсии к группе перспективных армирующих добавок для использования в швейном производстве.

Эффективность применения диоксида кремния по технологии механоактивированной прививки к армирующей полимерной дисперсии подтверждают данные рис. 5-б. При

неизменном нанесении армирующей композиции на термоклеевой прокладочный материал и одинаковых условиях дублирования костюмной ткани жесткость получаемого пакета прогрессирующе возрастает по мере увеличения содержания SiO₂ в акрилатной дисперсии. Величина приращения описывается выражением:

$$\Delta EI = 0,157 \cdot C_{SiO_2} + 0,348 \cdot C_{SiO_2}^2.$$

Варьирование содержания нанодисперсного наполнителя от 5 до 25 % позволяет регулировать приращение жесткости от 1,08 до 1,8 раза, что открывает новые возможности в решении приоритетных задач оперативного изменения свойств прокладочных материалов под требования разрабатываемых моделей одежды.

Исследования выполнены с использованием приборной базы ЦКП «Верхневолжский региональный центр физико-химических исследований».

ЛИТЕРАТУРА

1. Volino P., Cordier F., Magnenat-Thalmann N. From early virtual garment simulation to interactive fashion design // *Computer-Aided Design*. 2005. V. 37. P. 593-608. DOI: 10.1016/j.cad.2004.09.003
2. Liu Y.-J., Zhang D.-L., Yuen M. M.-F. A survey on CAD methods in 3D garment design // *Computers in Industry*. 2010. V. 61. P. 576-593. DOI: 10.1016/j.compind.2010.03.007
3. Корнилова Н.Л., Салкуцан С.В., Болсуновская М.В. и др. Отдельные аспекты PLM-систем для создания цифровых фабрик в швейной промышленности // *Изв. вузов. Технология текст. пром-сти*. 2018. № 4. С. 103-106.
4. Hadjichristidis N., Pispas S., Floudas G. *Block Copolymers: Synthesis Strategies, Physical Properties and Applications*. - Hoboken, 2003.- 422 p.
5. Hadjichristidis N., Pitsikalis M., Pispas S. et al. Block copolymers: synthetic strategies, physical properties, and applications // *Chem. Rev.* 2001. V. 101. N 12. P. 3747- 3792.
6. Kornilova N., Koksharov S., Arbuzova A. et al. Development of reinforced interlining materials which regulate elastic properties // *Ind. J. Fibre & Text. Res.* 2017. V. 42. P. 150-159.
7. Кокшаров С.А., Корнилова Н.Л., Федосов С.В. Модификация полиэфирного волокна для создания композитных материалов с регулируемой жесткостью // *Изв. вузов. Химия и хим. технология*. 2016. Т. 59. № 6. С. 105-111.
8. Koksharov S.A., Kornilova N.L., Fedosov S.V. Development of reinforced composite materials with a nanoporous textile substrate and a brush-structured polymer interfacial layer // *Russ. J. Gen. Chem.* 2017. V.87. N 6. P. 1428-1438. DOI: 10.1134/S1070363217060469
9. *Functional Fillers for Plastics* / Edited by M. Xanthos.- Weinheim: Wiley-VCH, 2010. 531 p.
10. Jayasuriya Ch.K., Premashandra J.K. Properties of Polymers Reinforced with Silica // *Physical Properties of Polymers Handbook* / Edited by J. E. Mark.- N-Y.: Springer, 2007. Capter 32. P. 551-560.
11. Vaziri H., Omaraei I., Abadyan M. et al. Thermophysical and rheological behavior of polystyrene/silica nanocomposites: Investigation of nanoparticle content // *Mater. Design*. 2011. V. 32. P. 4537-4542.
12. Kontou E., Anthoulis G. The effect of silica nanoparticles on the thermomechanical properties of polystyrene // *J. Appl. Polym. Sci.* 2007. V. 105. P. 1723-1731 DOI: 10.1002/app.26409
13. Conradi M. Nanosilica-reinforced polymer composites // *Materials and technology*. 2013. V. 47. N 3. P. 285-293.
14. Кокшаров С.А., Корнилова Н.Л., Федосов С.В. Получение армированных композиционных материалов с нанопористым текстильным носителем и щеточным строением полимерного межфазного слоя // *Росс. хим. ж.* 2015. Т. 59. № 3. С. 112-123.
15. <http://2s2b.ru/c667-2580173.html>
16. Losev N.V., Lipatova I.M. Application of hydroacoustic treatment for intensification of alkaline deacetylation of chitin // *Russ. J. Gen. Chem.* 2018. V. 88. N 2. P. 356-361. DOI: 10.1134/S1070363218020287

17. Kochkina N.E., Padokhin V.A. Mechanical Activation of a Gelatinized Dispersion of Carboxymethylated Starch in a Conical Rotor Apparatus // Russ. J. Appl. Chem. 2011. V. 84. N 1. P. 84-87 DOI: 10.1134/S1070427211010149
18. Кокшаров С.А. О применении метода динамического светового рассеяния для оценки размера наночастиц в бикомпонентном гидрозоле // Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2015. № 1. С. 33-36.
19. Koksharov S.A., Kornilova N.L., Shammut J.A. et al. Synthesis of a highly chained polymeric connecting in the structure of a multilayered package for garments // Key Engineering Materials. 2019. V. 816. P. 219-227. DOI: 10.4028/www.scientific.net/KEM.816.219

ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СУХО-МОКРОГО ФОРМОВАНИЯ ПОЛИОКСАДИАЗОЛЬНОГО ВОЛОКНА НА ОПЫТНОЙ УСТАНОВКЕ

STUDYING THE POSSIBILITY OF APPLYING DRY-WET FORMATION OF POLYOXADIAZOL FIBER AT A TEST INSTALLATION

Б.П. Макаров¹, М.В. Шаблыгин¹, А.Ю. Матрохин², М.П. Михайлова³
B.P. Makarov¹, M.V. Shablygin¹, A.Yu. Matrohin², M.P. Mikhailova³

¹ООО "Научно-производственная фирма "Термостойкие изделия", (г. Мытищи)

²Ивановский государственный политехнический университет

³ОАО Инновационный научно-производственный центр текстильной и легкой промышленности, (Москва)

¹LLC Research and production firm heat-Resistant products, (Mytischki)

²Ivanovo State Polytechnic University

³JSC Innovative Research and Production Center for Textile and Light Industry (INPC TLP OJSC)

E-mail: termiz@mail.ru, makarov.termiz@ya.ru

В данной работе рассмотрены способы получения полиоксадиазольных волокон по мокрому и сухо-мокрому способу. Показаны возможности опытной установки для проведения экспериментальных наработок полиоксадиазольной нити сухо-мокрым способом. Приведены сравнительные характеристики полученных нитей 25 Текса.

Ключевые слова: волокна, мокрый и сухо-мокрый способ формования, полиоксадиазол, пилотная установка, фильера, осадительная ванна.

This paper describes methods for producing polyoxadiazole fibers by wet and dry-wet methods. The capabilities of a pilot plant for carrying out experimental developments of a polyoxadiazole thread by a dry-wet method are shown. The comparative characteristics of the obtained threads 25 Tex.

Key words: fibers, wet and dry-wet molding, polyoxadiazole, pilot plant, die, precipitation bath.

В сложившейся обстановке геополитической ситуации на фоне экономических санкций со стороны западных стран в отношении России вопросы импортозамещения становятся очень актуальными.

Российский рынок технических тканей и нетканых полотен полностью зависит от западных стран. Почти полное отсутствие в России очень важного сектора термостойких и термостойких волокон технического назначения требует новых разработок в этом направлении и сопровождение их аппаратным оформлением.

Процесс формования химических волокон происходит по образованию твердой полимерной фазы в струйке расплава или раствора полимера вследствие сдвига фазового равновесия и вызывается протеканием процессов тепло- или массообмена между этой струйкой и окружающей средой в зоне формования (шахте, ванне, трубке). Формование химических волокон включает целый комплекс физико-механических, реологических, гидравлических, механических и других явлений.

При мокром методе формования из растворов полимеров происходит диффузия компонентов осадительной ванны в волокно и растворителя из волокна.

В результате протекания процессов переноса и сдвига фазового равновесия полимер осаждается в форме волокна.

Волокна, формируемые по мокрому методу, подвергаются обычно пластификационному вытягиванию на воздухе или в среде жидкости. В процессе пластификационного вытягивания волокна ориентируются и их прочность значительно возрастает.

В случае формования раствора поли-п-фенилен-1,3,4-оксадиазола (Арселон) осадителем является вода, а растворителем концентрированная серная кислота.

При формировании по мокрому методу есть ограничения по максимальной скорости, связанные как со скоростью осаждения, так и с гидродинамическими особенностями процесса. У процесса мокрого формирования есть свои ограничения по линейной плотности и числу формируемых нитей. Наименьшая линейная плотность формируемых нитей составляет приблизительно 0,1 текс, максимальная не более 1-2 текс. Формование более тонких нитей крайне затруднительно из-за резкого снижения стабильности процесса, формирование более толстых нитей ограничено скоростью процессов диффузии. Однако, ограничения по числу формируемых нитей в пучке гораздо менее жесткие – от 10 до 100000. Следует указать, что чем больше число нитей в пучке, тем меньше должна быть скорость формирования. Так, скорости формирования штапельных волокон обычно в 1,5-2 раза меньше, чем скорости формирования тонких нитей [1].

Целью данной работы было изучить возможность формирования полиоксадиазольного (поли-*p*-фенилен-1,3,4-оксадиазола) волокна сухо-мокрым способом в отличие от используемого на данный момент в промышленном производстве мокрым способом формирования.

В мировой практике сухо-мокрый способ формирования получил широкое распространение при получении жесткоцепных, высокопрочных, высокомолекулярных полимерных волокон, такие как «Кевлар», «Тварон», формируемых из сернокислотных растворов с концентрацией полимера до 18% и скоростью формирования до 200 м/мин.

Формование полиоксадиазолов по мокрому способу осуществляется из низкоконцентрированных растворов с концентрацией полимера 5-6% и скоростью формирования 30-32 м/мин, что связано с небольшой скоростью диффузионных процессов, проходящих при высаживании полимера, в корыте осадительной ванны.

Для изучения возможности применения сухо-мокрого способа формирования в процессе получения волокон и нитей на основе полиоксадиазолов, была использована ранее разработанная пилотная установка [2], предназначенная для формирования мокрым способом, для чего в конструкцию узла формирования были внесены некоторые изменения. Была изменена форма червяка подачи раствора полимера с креплением фильерного комплекта, позволяющего устанавливать его над корытом осадительной ванны, дающим возможность регулировать возможную прослойку между фильерой и зеркалом осадительной ванны в корыте.

При формировании через воздушную прослойку студнеобразное волокно в осадительной ванне способно вытягиваться в несколько раз, позволяя тем самым еще больше увеличивать скорость формирования. Однако существует оптимальная степень вытягивания волокна в осадительной ванне (около 1,5 раз) при которой свойства волокна после последующих операций будут оптимальными. Важным параметром формирования волокон через воздушную прослойку является также расстояние от фильеры до осадительной ванны, которое должно быть не менее 10-30 мм.

Также в корыте был установлен дополнительное направляющее устройство (нитепроводник) рисунок 1.

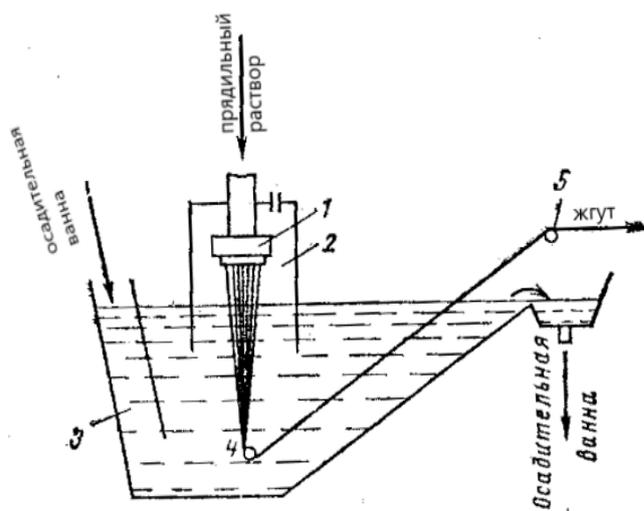


Рис. 1. Схема формования через воздушную прослойку.

- 1 – фильтра
- 2 - воздушная прослойка
- 3 – осадительная ванна
- 4 и 5 – направляющие устройства (ните-проводник)

В процессе изучения возможности формования сухо-мокрым способом было решено использовать стандартные растворы полимера, применяемые при мокром способе формования.

Таблица 1.

Параметры раствора полимера

Массовая доля полимера в растворе	5,4%
Динамическая вязкость	4800 Пуаз
Удельная вязкость	2,3
Концентрация H_2SO_4	98,7%
Параметры осадительной ванны	
Концентрация H_2SO_4	680г/л
Температура	60°C

Для формования использовались фильтры на 200 отверстий с диаметром доньшка 12,5 мм и диаметром 1-го отверстия 0,08 мм.

Скорость формования – 30 м/мин.

Кратность вытяжки – 3 раза.

В ходе эксперимента нарабатывалась нить линейной плотностью 25 Текс.

Раствор готового полимерного раствора с температурой 20-25°C проходил через воздушную прослойку в 1 см и опускался в нижнюю часть корыта, где заправлялся через дополнительно установленный ните-проводник, после чего принимался на 1-ый вытяжной диск [3].

В результате изменения схемы формования увеличилась длина пути нити в осадительной ванне с 50 см при мокром способе до 85 см при сухо-мокрым способе формования, время высаживания также увеличилось т.е. процесс диффузии в элементарных волокнах должен пройти более равномерно.

В ходе эксперимента было наработано 200 гр нити линейной плотностью 25 Текс.

Сравнительные результаты нитей, полученных мокрым и сухо-мокрым способом приведены в таблице 2.

Таблица 2.

Основные показатели нити 25 Текс полученных мокрым и сухо-мокрым способом

Способ формования	Мокрый	Сухо-мокрый
Прочность, сН/текс	28-35	38-52
Удлинение при разрыве, %	6-10	4-7
Модуль деформации, ГПа	8-11	12-16

При изучении были получены результаты, из таблицы 2 мы видим, что при формовании волокон по сухо-мокрому способу увеличение прочности нити порядка 20%.

Выводы:

В результате проделанной работы было установлено:

- возможность получения сухо-мокрым способом волокон и нитей на основе полиоксадиазола;
- необходимость совершенствования конструкции узла формования опытной установки;
- проведение дальнейших работ по совершенствованию технологии получения полиоксадиазольных волокон сухо-мокрым способом с целью увеличения скорости процесса производства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Г.И. Кудрявцев, В.Я. Варшавский, А.М. Щетинин, М.Е. Казаков. Армирующие химические волокна для композиционных материалов. М.: Химия, 1992. С 53-66.
2. Б.П. Макаров, А.Ю. Матрохин. Создание лабораторной установки для получения арселоновых волокон нового поколения. ПОИСК 2019. Г. Иваново. ИВГПУ. Часть 2. С 7-9.
3. А. Зябицкий. Теоретические основы формования волокон. Перевод: О.К. Перепелкиной, К.Е. Перепелкина. М.: Химия. 1979 г.

**ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ УЛУЧШЕНИЯ УСЛОВИЙ ФОРМОВАНИЯ
ПОЛИОКСАДИАЗОЛЬНЫХ ВОЛОКОН, ПУТЕМ ПОДБОРА ФИЛЬЕР**

**STUDYING THE POSSIBILITY OF IMPROVING THE CONDITIONS OF FORMATION
OF POLYOXADIAZOLE FIBERS, BY SELECTING A FILLER**

Б.П. Макаров
B.P. Makarov

ООО "Научно-производственная фирма "Термостойкие изделия", (г. Мытищи)
LLC Research and production firm heat-Resistant products, (Mytischí)
E-mail: termiz@mail.ru, makarov.termiz@ya.ru

В данной работе был изучен вопрос влияния конструкции фильеры на устойчивость процесса формования полиоксадиазольных волокон. Были проведены испытания фильер различной технологической конструкцией, подобран оптимальный вариант для производства волокон по сухо-мокрому методу.

In this paper, the effect of the design of the die on the stability of the process of forming polyoxadiazole fibers was studied. Tests of dies with various technological designs were carried out, the best option for the production of fibers by the dry-wet method was selected.

**Ключевые слова: формование, волокна, фильера, раствор полимера, сухо-мокрый метод.
Key words: molding, fibers, die, polymer solution, dry-wet method.**

Процессы формования химических волокон, их непрерывное вытягивание, промывка и другие обработки проходят в гидродинамическом поле окружающей волокно среды (осадительной ванны, воздуха), которое создается как движущимися волнами, так и путем принудительного перемещения окружающей среды. Необходимого для протекания тепло – и массообменных процессов. Гидродинамическое поле оказывает большое влияние на физико-механические процессы при получении химических волокон, в частности, на реологию процесса их деформирования [1].

При формировании волокон по мокрому методу имеют место две группы гидродинамических явлений, протекающих вблизи фильеры:

1. Обтекание фильерного комплекта осадительной ванной;
2. Формование потока осадительной ванны вблизи доньшка фильеры.

Из-за наличия фильерного комплекта, обтекаемого осадительной ванной, в ней создаются возмущения, влияющие на установление равномерного течения.

Известно, что при обтекании любого тела за ним образуется след, т.е. область, течение в которой резко отличается от основного потока.

Формирование потока осадительной ванны, движущейся с пучком формируемых волокон, происходит в первую очередь вблизи фильеры. Завершение развития пограничного слоя наблюдается на расстоянии 8-10 мм от фильеры. Линии формирования пограничного слоя имеют параболическую форму. Толщина пограничного слоя вокруг одиночного формируемого волокна достигает 0,8-1,2 мм [2, 3, 4].

Для обычно применяемых фильер при формировании вязких волокон слияние пограничных слоев происходит на расстоянии от 0,2 до 5,0 мм от поверхности фильеры.

Нормальный к направлению формируемых волокон поток осадительной ванны создает гидродинамический напор на вытекающие из отверстий фильеры струйки прядильного раствора, вызывая возможность их прилипания к фильере и друг к другу (особенно при медленном процессе осаждения).

Подсос ванны в нить (жгут) в зоне непосредственно вблизи фильеры вызывает увеличение сопротивления трения в 2-2,5 раза в той зоне, что неблагоприятно сказывается на стабильности формования. В то же время под влиянием диффузии и синерезиса растворителя из формуемых волокон появляется «поперечный поток», который в условиях мокрого метода формования вызывает снижение сил трения на 2-5% [5].

Данные положения, а также недостатки мокрого формования полиоксидадиазольных волокон были учтены при проведении экспериментальных работах по созданию (разработке) фильеры для сухо-мокрого способа получения полиоксидадиазольных волокон.

Работа по подбору оптимальных параметров (конструкции) фильеры проводилась на пилотной установке [6]. Для проведения работы использовались фильеры с диаметром доньшка 12,5 мм с диаметром отверстий 80 мкр., количеством отверстий 200 и 300 шт., отверстия расположены по концентрическим окружностям. Расстояние между отверстиями соответственно 0,55 и 0,40 мм. Для проведения работы использовался стандартный раствор полимера, таблица 1.

Таблица 1.

Состав раствора полимера

Массовая доля полимера, %	5,5
Концентрация H ₂ SO ₄ , %	98
Температура раствора, С ⁰	25
Состав осадительной ванны	
Массовая доля H ₂ SO ₄ , %	50
Температура, С ⁰	70

Раствор полимера из реактора подавался через фильтр-палец на фильеру, затем через воздушную прослойку от 10 до 30 мм в корыто осадительной ванны на формование.

Количество подаваемого раствора обеспечивало получение элементарного волокна с линейной плотностью 0,17 текс при скорости формования 30 м/мин.

Свежесформованное волокно принималось через жгутопроводник на приемную галету, затем на вытяжную, где осуществлялась пластификационная вытяжка. Скорость вытяжной галеты – 30 м/мин. Затем нить подавалась на промывные ролики, промывалась водой, нейтрализовалась раствором бикарбоната натрия, затем снова водой, сушилась на сушильных роликах и принималась на паковку, установленную на электроверетене.

Первым вариантом испытывалась фильера с диаметром доньшка 40 мм и числом отверстий 4800, расположенных по окружностям отдельными сегментами, шаг отверстий по диаметру отверстий составлял 0,37 мм, шаг по радиусу составлял 0,40 мм. Диаметр отверстия 0,08 мм. Сегментарное расположение отверстий фильеры предполагало улучшение притока осадительной ванны к центру фильеры. Однако при применении данной фильеры получить устойчивое формование не удалось. Заправить рабочее место при применении данной фильеры не получилось.

Были изготовлены фильеры с такими же параметрами: диаметром доньшка 40 мм и числом отверстий 4800, диаметром отверстия 0,08 мм, в отличии от первого варианта у данной фильеры отверстия располагались по концентрическим окружностям, где шаг отверстий по диаметру окружности составляет 0,48 мм, а по радиусу 0,40 мм. На данной фильере удалось заправить рабочее место модуля формования полиоксидадиазольных волокон и получить продукцию соответствующего качества, но при длительной работе устойчивость формования была нарушена – появились слипшиеся участки, «плевки».

В дальнейшем исследования проводились на фильерах с диаметром доньшка 12,5 мм и числом отверстий 200 и 300, т.к. фильеры данной конструкции являются математическим подобием фильер с диаметром доньшка 40 мм и числом отверстий 3500 и 4800 отверстий.

Сравнительные физико-механические показатели нити, полученные при использовании фильер с количеством отверстий 200 и 300 шт. представлены в таблицах 2,3,4,5,6.

Таблица 2.

Фильера 300 отверстий. Пластификационная вытяжка $\lambda = 3$

Номер образца	Линейная плотность элементарного волокна, текс	Удельная разрывная нагрузка, сН/текс	Удельное разрывное удлинение, %
1	0,170	28,3	19,4
2	0,171	31,8	17,4
3	0,169	30,5	17,1
4	0,170	29,8	18,9

Таблица 3.

Фильера 300 отверстий. Пластификационная вытяжка $\lambda = 4$

Номер образца	Линейная плотность элементарного волокна, текс	Удельная разрывная нагрузка, сН/текс	Удельное разрывное удлинение, %
1	0,170	45,2	11,5
2	0,173	44,9	12,5
3	0,169	45,5	11,5
4	0,172	45,2	13,2

Таблица 4.

Фильера 200 отверстий. Пластификационная вытяжка $\lambda = 3$

Номер образца	Линейная плотность элементарного волокна, текс	Удельная разрывная нагрузка, сН/текс	Удельное разрывное удлинение, %
1	0,170	45,2	11,5
2	0,173	44,9	12,5
3	0,169	45,5	11,5
4	0,172	45,2	13,2

Таблица 5.

Фильера 200 отверстий. Пластификационная вытяжка $\lambda = 4$

Номер образца	Линейная плотность элементарного волокна, текс	Удельная разрывная нагрузка, сН/текс	Удельное разрывное удлинение, %
1	0,168	47,5	11,2
2	0,172	48,3	10,8
3	0,171	47,9	12,0
4	0,173	46,9	11,0

Таблица 6.

Фильера 200 отверстий. Пластификационная вытяжка $\lambda = 5$

Номер образца	Линейная плотность элементарного волокна, текс	Удельная разрывная нагрузка, сН/текс	Удельное разрывное удлинение, %
1	0,169	54,3	9,8
2	0,171	52,8	10,2
3	0,170	53,1	10,1
4	0,168	55,2	9,9

Как видно из таблицы, что при формировании с применением фильеры с количеством отверстий 200, т.е. с большим расстоянием между отверстиями (0,55 мм), физико-механические показатели выше, чем при формировании на фильере 300 отверстий с меньшим расстоянием между отверстиями (0,44 мм). Процесс формирования был более устойчив не наблюдалось обрыва элементарных волокон и заваров отверстий фильеры.

При использовании фильеры с 300 отверстиями не удалось поднять пластификационную вытяжку до 5-ти кратной из-за высокой обрывности.

Изучен процесс влияния конструкции фильеры на устойчивость процесса формирования полиоксиадиазольного волокна сухо-мокрым способом.

Найдено, что при формировании с применением фильеры с большим расстоянием между отверстиями, физико-механические показатели выше, чем при формировании на фильере с меньшим расстоянием между отверстиями.

Для производства полиоксиадиазольного волокна по сухо-мокрому способу, рекомендовано использовать фильеры с количеством отверстий 200 и 300, с тем же диаметром донышка – 12,5 мм, необходимо увеличить расстояние между отверстиями с 0,48 мм до 0,65 мм, для обеспечения более устойчивого процесса формирования и повышения качества выпускаемых волокон.

ЛИТЕРАТУРА

1. Биркгоф Г., Сарантанелло Э. Струи, следы, каверны. М., «Мир», 1964, 466с.
2. Griffith R., Ing. Chem. Fund., 1964, v.3, №3, p. 245-250
3. Рябушкин А.В., Серков А.Т., Хим. волокна, 1969, №6, с. 33-35
4. Данилина Г.А., Рябушкин А.В., Серков А.Т., Хим. волокна, 1971, №6, с. 62-64
5. Данилина Г.А., Ковалев Г.Д., Серков А.Т., Хим. волокна, 1973, №2, с. 76
6. Макаров Б.П., Матрохин А.Ю., ПОИСК, Иваново 2019, с. 7-9

НОВЫЕ ВИДЫ ПОЛИЭФИРНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ НИТЕЙ С ФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ СВОЙСТВАМИ, МОДИФИЦИРОВАННЫЕ НА СТАДИИ ФОРМОВАНИЯ ИЗ РАСПЛАВА

А.М. Железовский, Е.Д. Жолудева

ОАО «СветлогорскХимволокно», Беларусь

E-mail: mazalova@solim.by

В мировой практике развитие полиэфирных текстильных нитей идет опережающими темпами по сравнению с другими видами нитей и полотен благодаря своим свойствам. Они являются альтернативными во многих сферах потребления и постепенно замещают другие виды волокон и нитей, как в текстильной, так и прочих областях применения.

В связи с этим особое внимание уделяется созданию современных процессов и оборудования, новых технологий и ассортиментов продукции.

Современные нити практически приблизились к натуральным материалам по гигиеничности и комфортности.

ОАО «СветлогорскХимволокно» также развивает направление в части разработки новых полиэфирных текстильных функциональных нитей и трикотажных полотен из них. Текстильные материалы из нитей нового поколения кроме прекрасных тактильных качеств, могут обладать свойствами быстро впитывать и отводить влагу от поверхности тела, предохранять его от перегревания или переохлаждения, обладать антибактериальными свойствами, не поддерживать горение, обладать высокой стойкостью к ультрафиолетовому излучению.

Функциональные нити, производимые на ОАО «СветлогорскХимволокно», выпускаются под торговым знаком Sohim Smart Yarns.

Одним из направлений по приданию нитям функциональных свойств является выпуск профилированных нитей. Помимо оптических эффектов, достигаемых при изменении формы поперечного сечения, можно изменить физическую структуру нити и придать дополнительные свойства.

К таким нитям относятся нити с функцией управления влагой (быстроотводящие влагу) Quick Dry и нити Thermo с полым сечением филамента.

Нити с функцией управления влагой (быстроотводящие влагу) Quick Dry

Уникальная многоканальная структура нитей, в производстве которых используются специальные профилированные фильеры, обеспечивает текстильным материалам способность эффективно управлять влагой за счет мощного капиллярного эффекта, который позволяет быстро впитывать влагу, практически мгновенно распределять ее по большой площади поверхности материала для быстрого высыхания.

За счет данного эффекта одежда человека всегда остается сухой, тем самым предохраняя его от перегревания (летом) или переохлаждения (зимой). Наличие функциональных свойств нити Quick Dry подтверждено испытаниями трикотажных полотен, изготовленных на ОАО «СветлогорскХимволокно» на основе данных нитей.

Водопоглощение трикотажного полотна из полиэфирных быстроотводящих влагу нитей в 2,5 раза больше, чем у полотен из таких же нитей с обычным профилем сечения, а также эффективнее, чем у льняных или хлопчатобумажных полотен.

Результаты испытаний полотен из нитей Quick Dry в исследовательских центрах Сингапура, Германии, ИЛ-МЭСО РУП «Центр научных исследований легкой промышленности», а также имеющаяся у нас информация о свойствах нитей конкурентов

позволяют утверждать, что освоенные нами нити являются быстроотводящими влагу (быстросохнущими).

Так, по показателю «впитываемость капли» полотна из нитей 9,2f72 Quick Dry имеют оценки «хорошая» и «благоприятная» – от 1 до 4 секунд по лицевой и изнаночной стороне. Для сравнения: у изделий из хлопка впитываемость капли 10 и более сек.

Увеличение количества элементарных нитей в комплексной до 72 позволило получать трикотажные полотна с отличными фактическими результатами по показателю «воздухопроницаемость» – до 1344 дм³/м²с при норме не менее 100 дм³/м²с.

В тесте на капиллярность за 5 минут высота подъема жидкости на полотне из нити Quick Dry составляет 14 см, в тоже время нормой для изделий из хлопка считается 17,5 см в час.

Сегодня ОАО «СветлогорскХимволокно» выпускает несколько видов текстурированных и пневмотекстурированных нитей с функцией управления влагой. Данные нити прекрасно подходят для производства одежды для спорта и отдыха, нижнего белья, чулочно-насочных изделий, полотенец, постельного и столового белья, а так же для производства повседневной одежды.

Нити Thermo с полым сечением филамента

Основная функция нитей с полым сечением – термозащита. Внутри элементарных нитей скапливается неподвижный воздух, что обеспечивает отличную теплоизоляцию. Полые волокна обладают более низкой теплопроводностью.

Применение нитей с полым сечением позволяют изготавливать облегченные полотна, т.к. данные нити имеет меньший удельный вес по сравнению со стандартными нитями на 25-30 %.

Основные преимущества трикотажа с использованием полых нитей перед другими терморегулирующими натуральными и химическими волокнами: лучшая теплоизоляция (на 40-60% эффективнее удерживает тепло); малый удельный вес, благодаря полый структуре волокна; быстрое высыхание материала; высокие прочностные показатели в сравнении с натуральными волокнами.

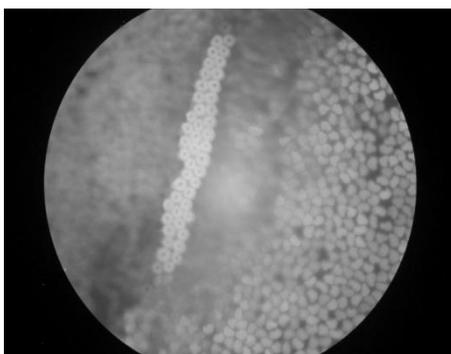


Рис.1 Поперечный срез нити с полым сечением филамента под микроскопом

Такие нити широко применяются для изготовления термобелья, одежды для спорта и отдыха, легких быстросохнущих согревающих носков, а также облегченных полотен для автомобильной промышленности.

Дополнительные специальные потребительские свойства нитям можно придать введя в полимер функциональные концентраты (УФ-стабилизаторы, антибактериальные и антипиреновые добавки и др.).

Функциональные нити с добавкой Cool Black

Специалистами предприятия разработана технология производства крашеных в массе нитей черного цвета с применением функционального полимерного концентрата красителя “Cool Black” (CB).

Нити “Cool Black” (CB) обладают уникальной способностью практически полностью поглощать видимую часть солнечного света – поэтому человеческий глаз воспринимает нить в черном цвете, и при этом отражать до 90% лучей ИК спектра, т.е. теплового излучения. Это сопоставимо с отражающей способностью серебряного зеркала.

Материал, изготовленный из нитей «Cool Black» может отражать инфракрасное излучение от тела человека, в зимних условиях материал будет возвращать телу человека радиационную составляющую теплопотерь: лучи с длиной волны в диапазоне от 650 nm до 2500 nm., т.е. имеет место эффект согревания.

Сопоставление теплоизоляционных свойств различных материалов, применяемых в качестве подкладки для зимней одежды, с разработанным трикотажным полотном (арт.108) из нити “Cool Black” линейной плотности 8,4 текс f32, проведенные в департаменте исследований и развития компании «Спортмастер», Сингапур, показало, что трикотажное полотно с поверхностной плотностью около 80 г/м.кв. превосходит по теплоизоляционным свойствам любые подкладочные ткани до +20%.

Проведенные в Германии исследования показали способность материала из нитей Cool Black оставаться более холодными по сравнению с обычным материалом черного цвета при съемке инфракрасной камерой после 10-ти минутного нагрева излучением от галогеновой лампы. Таким образом, изделия черного цвета из нити «прохладный черный» нагреваются на (10 - 14)°С меньше, чем изделия из обычной черной нити, и обеспечивают ощущение прохлады в условиях повышенного теплового излучения.

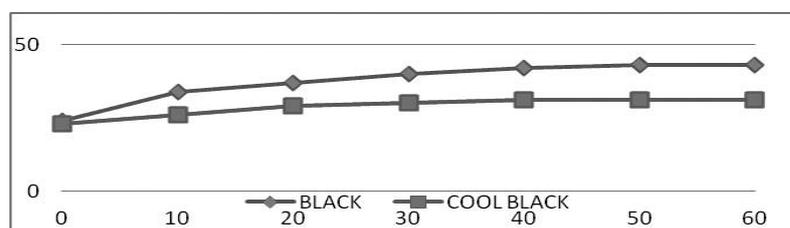


Рис.2 График нагрева трикотажного полотна из нити COOL BLACK 8,4 tex f32

Нити «Cool Black» наработываются как текстурированные, так и пневмотекстурированные. Последующая поверхностная обработка нитей и полотен текстильно-вспомогательными веществами не изменяет свойство нити отражать инфракрасное излучение.

Совмещение различных функциональных свойств позволяет получать многофункциональные нити.

Многофункциональные пневмотекстурированные нити (ATY)

С объединением в одной нити волокон со свойствами эффективного управления влагой и термозащитой мы создали мягкие, «хлопкоподобные» многофункциональные пневмотекстурированные нити. Торговое название такой нити Thermo&Quick Dry.

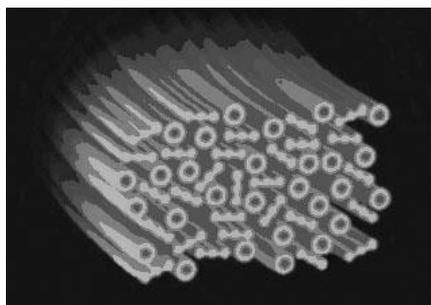


Рис. 3 Структура нити 20 текс f 120.

С целью расширения функциональных свойств нити Thermo&Quick Dry мы смогли ввести в структуру одной из составляющих функциональную добавку Cool Black, позволяющую нити отражать инфракрасные лучи. Данный вид нити обеспечивает двойной согревающий эффект при изготовлении согревающего белья, термоносок и подкладочных тканей. Торговое название такой нити Thermo Cool Black & Quick Dry .

Микрофиламентные нити SOFT

Чем тоньше элементарные волокна в комплексной нити, тем мягче, шелковистее гриф готовых текстильных изделий. У микрофиламентной нити толщина элементарного волокна в 10 раз тоньше человеческого волоса. Толщина элементарного волокна примерно 5 мкм, толщина человеческого волоса (50 – 60) мкм.

На ОАО «СветлогорскХимволокно» освоен выпуск микрофиламентных нитей в диапазоне линейных плотностей от 5,5 текс до 70 текс и филаментностью от 72 до 1152 филаментов.

В сравнении с натуральными волокнами тонкие и сверхтонкие синтетические нити меньше пиллингуются, легко стираются, не подвержены гниению и гипоаллергенны. Кроме того, повышаются гигиенические и функциональные свойства готовых изделий: увеличивается их воздухопроницаемость, улучшается влагопоглощение.

Нити могут использоваться в производстве флисовых полотен, тканей и трикотажа для повседневной и спортивной одежды, основы искусственных кож, чулочно-носочных и медицинских изделий, обивочных полотен, фильтров, протирочных материалов.

Нити микрофиламентные 8,4 текс f144 использовались в разработке тканых протезов кровеносных сосудов.

Нити с антибактериальными свойствами (АВ)

Антибактериальная добавка вводится нами непосредственно в расплав полимера, что обеспечивает изделию сохранение антибактериального эффекта длительное время.

Антибактериальные нити и полотна из них исследовались на подтверждение антибактериальных свойств по отношению к таким видам бактерий, как: *Escherichia coli* (Кишечная палочка), *Staphylococcus aureus* (Золотистый стафилококк), *Klebsiella pneumoniae* (Клебсиелла пневмония), *Pseudomonas aeruginosa* (Синегнойная палочка), *Stenotrophomonas maltophilia* (Свободноживущая бактерия).

Механизм действия основан на медленном высвобождении ионов серебра, которые препятствуют росту бактерий и микроорганизмов.

Нити рекомендуются для медицинских изделий, спортивного и бельевого трикотажа, чулочно-носочных изделий, постельного белья.

С антибактериальной добавкой могут набиваться как обычные текстурированные нити, так и быстроотводящие влагу нити Quick Dry. Объединение этих двух свойств в готовом изделии позволяет человеку чувствовать себя сухим и свежим даже после самых тяжелых физических нагрузок и минимизируют неприятный запах пота.

В испытательных центрах Швейцарии и в Республиканском научно-практическом центре эпидемиологии и микробиологии, г. Минск, подтверждены сохраняющиеся антимикробные свойства наших нитей и произведенных из них трикотажных полотен к основным группам грамположительных и грамотрицательных микроорганизмов.

Представленные методы не исчерпывают всех технологических приемов, которые без значительных конструктивных изменений оборудования и значительных материальных вложений позволяют расширить ассортимент выпускаемых полиэфирных нитей.

ЦЕЛЛЮЛОЗНЫЕ ТЕКСТИЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ МЕДИЦИНЫ, ГИГИЕНЫ, КОСМЕТОЛОГИИ

CELLULOSIC TEXTILE MATERIALS FOR MEDICINE, HYGIENE, COSMETOLOGY

А.П. Морыганов, Н.С. Дымникова
A.P. Moryganov, N.S. Dymnikova

Институт химии растворов имени Г.А. Крестова Российской академии наук, (г. Иваново)
Institution of Sciences G.A. Krestov Institute of Solution Chemistry
of the Russian academy of Sciences, (Ivanovo)
E-mail: apm@isc-ras.ru

Показана целесообразность получения функциональных целлюлозных волокон и материалов на их основе для изделий медицинского назначения. Выявлены преимущества использования льноволокна для таких изделий. Представлены известные и разработанные в ИХР РАН ресурсосберегающие технологии получения антимикробных текстильных материалов.

Ключевые слова: целлюлозные волокна, нетканые материалы, медицина, антисептики, наночастицы серебра.

The expediency of obtaining functional cellulose fibers and materials based on them for medical products is shown. Advantages of use of flax fibers for such products are revealed. The well-known and developed resource-saving technologies for producing antimicrobial textile materials in the ISC RAS are presented.

Key words: cellulose fibers, nonwovens, medicine, antiseptics, silver nanoparticles.

Необходимость создания новых видов текстильных материалов для медицины, гигиены, косметологии является актуальной, ввиду того, что выпускаемый в настоящее время в России ассортимент такого вида продукции явно недостаточен и основан в большинстве случаев на комбинации слоев марли, ваты, мадаполама и тканей, что явно недостаточно, поскольку выпускаемые материалы не обладают необходимым комплексом функциональных свойств. Выше перечисленные тканые и трикотажные полотна хорошо впитывают, но плохо связывают экссудат и обладают высокими адгезионными свойствами, что приводит к трудностям при снятии повязок с раны и болевым ощущениям. Кроме того, указанные материалы способны к десорбции раневого отделяемого, что неизбежно приводит к продолжению развития раневой инфекции.

По мнению практических хирургов, изделия, имеющие в процессе эксплуатации непосредственный контакт с телом человека и особенно материалы, предназначенные для медицинских и детских учреждений, должны выполнять следующие функции [1]:

- необратимо удалять избыточный экссудат и микробные частицы;
- защищать рану от высыхания;
- стимулировать восстановительные процессы;
- защищать рану от механических воздействий и вторичного инфицирования;
- быть удобными для пациента и иметь эстетический вид.

При этом материал должен быть экологичным, антиаллергенным, атравматичным и т.д.

Широкие возможности совершенствования перевязочных средств открываются при разработке нетканых материалов (НМ), достижение требуемых функциональных свойств которых обеспечивается как за счет свойств сырья, так и за счет особенностей технологии изготовления нетканых полотен, применения различных технологических приемов и структурных элементов.

Разработка новых оригинальных структур нетканых полотен позволит расширить ассортимент медицинских и гигиенических материалов, увеличить экономическую эффективность их применения в медицинской практике в качестве перевязочных средств и изделий гигиенического назначения. Одним из важных факторов, оказывающих существенное влияние на свойства новых материалов широкого спектра применения, является правильный подбор сырья. При производстве высококачественных нетканых материалов рекомендуют применять, главным образом, целлюлозное сырье, а для обеспечения атравматичных свойств необходимо включать в структуру полотна гидрофобные волокна (полиэфирные (ПЭ) или полипропиленовые (ПП)), которые обладают нулевой сорбцией водных паров и не раздражают кожные покровы человека.

Физико-механические показатели волокон, применяемых при производстве нетканых полотен, представлены в таблице 1.

Таблица 1

Свойства волокон	Величина показателя волокна:					
	натурального				синтетического	
	хлопок	лен	вискоза	бамбук	ПЭ	ПП
Средняя массодлина, мм	35	30,5	61,0	67,0	66,0	63,0
Средняя линейная плотность, текс	0,16	2,8	0,32	0,4	0,33	0,34
Гигроскопичность, %	8	13,5	13	13,8	0,5	0
Поглотительная способность, г/г	17,0	19,0	16,2	16,5	1,3	0,5
Равновесная влажность волокон при относительной влажности воздуха φ, %	65 95	7-8 20-25	11-12 19-21	12-13 33-35	0,4-0,5 0,5-0,7	0 0
Удельное электрическое сопротивление, Ом	$8,2 \times 10^{10}$	$7,2 \times 10^{10}$	$3,4 \times 10^{11}$	$4,0 \times 10^{10}$	$5,4 \times 10^{13}$	$3,6 \times 10^{12}$
Способность угнетать болезнетворную микрофлору	низкая	высокая	нет	нет	нет	нет
Лечебные (за счёт лигноуглеводного комплекса)	нет	есть	нет	нет	нет	нет
Эксплуатационные (комфортность)	высокие	очень высокие	высокие	низкие	низкие	низкие

Значение натуральных волокон для медицинских и гигиенических материалов бесспорно. Они придают готовым продуктам необходимые свойства и обладают целым рядом преимуществ по сравнению с синтетическими волокнами:

- наличие в целлюлозе гидроксильных групп придает волокну высокие гигроскопические свойства;
- наличие капиллярной системы - высокую поглотительную способность и равновесную влажность, что необходимо для перевязочных средств;
- такое свойство натуральных волокон, как газопроницаемость, при которой материал задерживает жидкости, но пропускает газы и водяной пар определяет применение изделий из натуральных волокон в операционных;
- они приятны на ощупь, не вызывают отрицательных физиологических реакций, имеют высокие эксплуатационные свойства;

- обладают высокой абсорбционной способностью, что облегчает иммобилизацию на волокнах антимикробных, лечебных и др. препаратов, легко поддаются последующей отделке.

Из данных таблицы 1 очевидно следует, что значительные преимущества в сравнении с другими видами целлюлозных волокон имеют волокна льна. Морфологические особенности льноволокна и состав его природных спутников (лигнина, гемицеллюлоз, флавоноидов, микроэлементов и т.д.) придают льнодержим материалам терморегулирующие функции, способность угнетать жизнедеятельность микрофлоры, ускорять заживление ран, высокую сорбционную способность, гигроскопичность, прочность, низкую электризуемость, устойчивость к трению и многократным изгибам. Кроме того, доказано, что льняное волокно обладает антимикробной активностью в отношении ряда микроорганизмов. Отличительной способностью льняного волокна является и то, что при увлажнении его прочность возрастает до 40%. Высокая степень полимеризации целлюлозы льняного волокна обеспечивает ему прочность и устойчивость к свету, стиркам, износостойкость [2].

Поэтому, одним из перспективных направлений является разработка полифункциональных НМ на основе льноволокна, сочетающих в себе признаки как традиционных целлюлозных медицинских материалов (по экологичности, биосовместимости, тактильной комфортности), так и современных перевязочных средств.

Однако, следует отметить, что переработка льняного волокна в 100%-ном виде затруднена. Это объясняется, в основном, широким диапазоном по длине (3-100 мм) с большой долей короткого волокна. Поскольку одним из важных показателей материалов медицинского назначения является высокая сорбционная способность, поэтому оптимальное содержание льноволокна в НМ определяли по показателю гигроскопичности. На рис. 1 представлена зависимость гигроскопичности НМ от количественного соотношения вискозного и льняного волокон в волокнистой смеси [3].

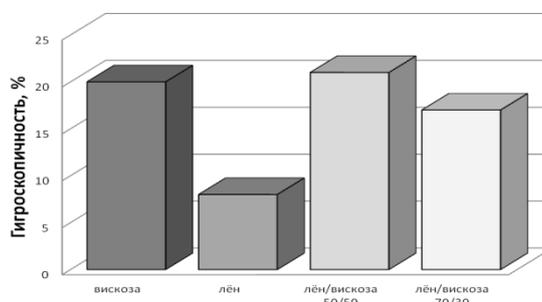


Рис. 1 Влияние смесового состава на гигроскопичность НМ

Проведенными исследованиями доказано, что оптимальное содержание льноволокна в смеси должно составлять не более 40-50 %.

Одним из перспективных направлений создания нового поколения средств медицинской помощи является иммобилизация в волокнистых материалах препаратов, обеспечивающих антимикробный, обезболивающий и лечебный эффекты, регенерацию поврежденных тканей.

Развиваемое в ИХР РАН научное направление связано с изучением специфики формирования ультрадисперсных частиц серебра в присутствии широкого спектра относительно недорогих, доступных реагентов, в том числе, природных полимерных соединений. Целесообразность применения ультрадисперсных частиц при изготовлении антимикробных нанокомпозитов обусловлена, во-первых, преимуществом воздействия металлов в виде наночастиц по сравнению с ионными формами [4], во-вторых, более низкой (в 2,5-6 раз) токсичностью НЧ металлов в сравнении с токсичностью их солей [5], и, наконец, возможностью проявления синергизма свойств материалов центрального ядра и стабилизирующего компонента [6].

В результате проведенных исследований разработана серия экологически безопасных препаратов Нанотекс с НЧ_{Ag} , обладающих широким спектром биологической активности [7,8].

Сравнительная оценка биологической активности волокон льна, обработанных различными известными антимикробными препаратами (АП) (повиарголом, диоксидином, хлоргексидина биглюконатом), и результатами наших разработок (серебросодержащий Нанотекс) позволила осуществить выбор АП для последующей иммобилизации их на льноволокне, определить температурно-временные параметры технологического процесса получения антимикробных волокон. Все представленные соединения обеспечивают высокие (9-13 мм) зоны задержки роста к представителям грамположительной (золотистому стафилококку *Staphylococcus aureus* – рис. 2, б) и грамотрицательной (кишечной палочке *Escherichia coli* –рис. 2 а) микрофлоры, а также к грибковой культуре (рис. 1, в). При этом следует отметить, что синтезированный в ИХР РАН препарат Нанотекс (образец №4), содержащий 0,28 г/л НЧ_{Ag} , по антимикробной активности не уступает действию известных антисептиков, взятых в концентрации на порядок более высокой.

Установленные концентрации препаратов гарантируют достижение необходимого антимикробного действия, отсутствие аллергических эффектов при контакте с раневой поверхностью.

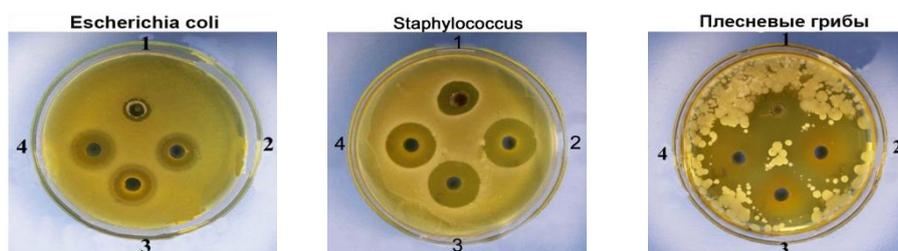


Рис. 2 Влияние антисептических препаратов (1-4) на зоны задержки роста тест-культур. 1-повиаргол (2,9 г/л); 2 – хлоргексидина биглюконат (5 г/л); 3- диоксидин (20 г/л); 4- нанотекс (0,28 г/л НЧ_{Ag}).

Рациональным подходом к созданию функционализированных текстильных материалов является сочетание, с одной стороны, высокой биологической активности препаратов и, с другой стороны, использование современных возможностей изготовления структур материалов различного волокнистого состава, при которых обеспечивается требуемая скорость выхода активных реагентов из полимерных матриц и прогнозируемый уровень их воздействия на микроорганизмы.

Согласно данным, приведенным на гистограмме (рис. 3), сорбция НЧ серебра целлюлозными волокнами при обработке текстильных материалов препаратом Нанотекс в 2-4 раза выше, чем у полиэфирных волокон. При этом из волокон хлопка, льна и гидратцеллюлозных десорбируется за 6 ч. в физраствор 50-63 % НЧ , из ПЭФ – 90 %. Приведенные результаты показывают, в какой мере варьирование соотношений различных по природе волокон в текстильной матрице может влиять на скорость выхода НЧ серебра из полимерного материала в физиологически активные среды и обеспечивать ударную дозу препарата или необходимый период его пролонгированного действия [9].

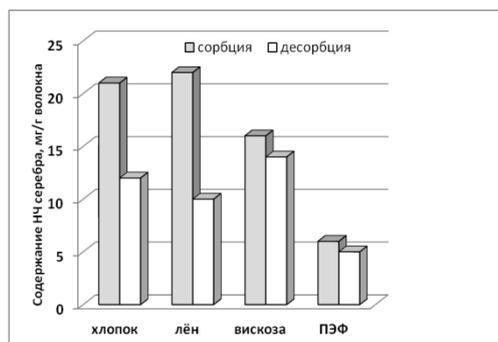


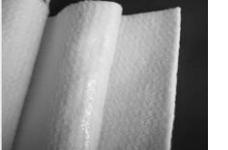
Рис. 3 Сорбция (мг/г) НЧ серебра волокнами различной природы и их десорбция из волокон в физраствор (мг/мл).

Совместно со специалистами научно-исследовательского института нетканых материалов» (г. Серпухов) разработаны основы технологии изготовления льносодержащих НМ для медицины, гигиены, косметологии.

Были теоретически обоснованы и экспериментально подтверждены оптимальные смесовые составы сырья для различных видов нетканых полотен с содержанием модифицированного льняного волокна, обеспечивающим технологичность его переработки и комплекс необходимых функциональных свойств. Построением функциональных моделей были спроектированы и изготовлены различные структуры льносодержащих нетканых медицинских атрауматичных полотен, материала гигиенического назначения (с высокой впитывающей, удерживающей способностью, повышенной воздухопроницаемостью и антимикробными свойствами). Кроме того, были разработаны материалы-носители косметических средств по уходу за кожей (маски, салфетки), материалы для обертываний, бальнеологических и физиотерапевтических процедур, поскольку уникальные медико-биологические свойства, комфортные тактильные свойства, высокие гигиенические характеристики, совместимость с косметическими композициями открывают перспективу применения льноволокна и в косметологии (см. табл. 2) [10, 11].

Натурные испытания изготовленных готовых изделий (перевязочных средств, тампонов, впитывающих салфеток, текстильных носителей лекарственных препаратов) в клинических условиях выявили их положительные гигиенические и функциональные (антимикробные, ранозаживляющие, атрауматические) свойства. Испытания экспериментальных образцов гидрофильных льносодержащих нетканых материалов косметического назначения у потенциальных потребителей выявили соответствие разработанных материалов функциональному назначению и общим тенденциям развития косметологии и СПА-процедур в талассотерапии. Доказана возможность применения разработанных материалов в производстве косметических масок, салфеток, и других косметических изделий, а также в качестве технических средств для различных видов обертываний.

Физико-механические показатели нетканых материалов
для медицины и косметологии

Показатели	Значение показателей для образцов			
	Медицинских антимикробных		Косметологические	
	1	2	Для косметических масок	Для талассотерапии
Волокнистый состав:				
льняное волокно	40	40	50	50
бамбуковое волокно	-	40	-	-
вискозное волокно	40	-	50	50
полиэфирное волокно	20	20	-	-
Поверхностная плотность, г/м ²	280	285	200	220
Воздухопроницаемость, дм ³ /(м ² с)	305	285	438	440
Поглотительная способность, г/г	16,2	12	-	-
Скорость смачивания, с	1	1	-	-
Водопоглощение, %	-	-	530	478
Толщина, мм	-	-	2	2
Зона задержки роста микроорганизмов, мм:			-	-
<i>Staphylococcus aureus</i>	2	2	-	-
<i>Candida albicans</i>	3	3	-	-
<i>Escherichia coli M-17</i>	Бактериостатический эффект		-	-
				

Разработанные технологии модификации волокон для изделий одноразового использования послужили базой для создания антигрибковых и антимикробных материалов длительного срока службы.

Новая разработка направлена на обоснование вариантов изготовления трикотажной продукции, которые позволили объединить трудносовместимые эффекты: с одной стороны, низкую смываемость биоцидного препарата в процессах стирок, с другой – необходимый уровень миграционной способности НЧ_{Ag} в условиях эксплуатации изделия человеком для достижения заданного уровня профилактического защитного действия.

Научная новизна подхода заключается в реализации приемов регулирования субстантивности биологически активных серебросодержащих гибридных наноматериалов к целлюлозным волокнам посредством оптимизации их состава и условий получения, что позволило управлять процессами сорбции активных компонентов и создавать технологии:

- периодических способов обработки готовых изделий (чулочно-носочные, перчатки, белье и т.д.) при обеспечении максимальной выбираемости активных компонентов для препаратов с высокой субстантивностью ;

- непрерывных процессов обработки (пряжа, ткани, нетканые материалы и т.д.), для которых необходимо равномерное распределение и закрепление на волокне препаратов с низкой субстантивностью [6].

Таким образом, представленные выше принципы получения материалов с антигрибковым и/или антимикробным действием для одноразовых изделий (перевязочные средства, изделия гигиенического назначения и предметы косметологии), либо с

продолжительным действием (для изделий бытового назначения) позволят расширить ассортимент высокотехнологичных инновационных материалов и увеличить эффективность их применения на практике.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Дауров Т.Т., Андреев С.Д., Касин В.Ю. Новые перевязочные материалы и средства // Хирургия. – 2007.- №4.- с. 113-115.
2. Галашина В.Н., Дымникова Н.С., Морыганов П. А. Биозащищенные льнонанокомпозиты – основа для изготовления высокотехнологичной «Эко» продукции// Российский химический журнал.- 2011.- т.55.- № 3.- с. 28-35.
3. Галашина В.Н., Дымникова Н.С., Морыганов П. А., Братченя Л.А, Есенкова Н.П. Перспективы применения биологически активных волокон льна// Известия ВУЗов. Технология текстильной пром-ти, 2012.- №3.- с. 11-15.
4. Петрова Л.С., Липина А.А., Зайцева О.А., Одинцова О.И. Использование наночастиц серебра для придания текстильным материалам бактерицидных свойств// Известия ВУЗов. Технология текстильной промышленности.- 2018.- №6.- с.105-108.
5. Рахметова А.А., Алексеева Т.П., Богословская О.А. и др. //Российские нанотехнологии. 2010. Т. 5. № 3-4. С. 102-107.
6. Дымникова Н.С., Морыганов А.П., Дьячин С.А., Одинцова О.И., Петрова Л.С., Королев С.В., Муратова Н.Н. Новые направления в получении антимикробных текстильных материалов.//Сб. докладов III Научно-практического симпозиума «Российская неделя текстильной и легкой промышленности». 21-23 марта, 2018 г., Экспоцентр, Москва, с.108-120.
7. Дымникова Н.С. Ерохина Е.В., Морыганов А.П. Модификация целлюлозных волокон золями серебра, синтезированных в экстрактах природных примесей льна // Перспективные материалы. - 2017. - №. 6.- с. 29-38.
8. Патент РФ №2525545, опубл. 20.08.2014. БИ № 23. Способ получения антимикробного серебросодержащего целлюлозного материала. Дымникова Н.С., Ерохина Е.В., Морыганов П.А., Галашина В.Н., Морыганов А.П..
9. Галашина В.Н., Ерохина Е.В., Дымникова Н.С., Морыганов А.П. Модификация материалов на основе полиэфирных и целлюлозных волокон биологически активными моно- и биметаллическими наночастицами // Российский химический журнал.- 2015. -Т. LIX.- № 3.- с. 86-96.
10. Галашина В.Н., Ерохина Е.В., Морыганов А.П., Фокина Н.А., Братченя Л.А. Высокотехнологичные льносодержащие материалы для медицины, гигиены и косметологии// Дизайн. Материалы. Технология. -2016. -№4.- с. 39-42.
11. Патент РФ № 126007, опубл. 20.08.2013, Б.И. №8. Антимикробный нетканый материал для медицинских и санитарно-гигиенических изделий краткосрочного пользования / Н. А. Фокина, Засенко Н.В., Чибисова Т.В., А. П. Морыганов, В.Н. Галашина.

ФУНКЦИОНАЛИЗАЦИЯ СИНТЕТИЧЕСКИХ ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ С ПОМОЩЬЮ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ НАНОЗОЛЕЙ: ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ ПОКРЫТИЙ, СПЕЦИФИКА ИХ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ

FUNCTIONALIZATION OF SYNTHETIC FIBROUS MATERIALS BY MEANS OF COATINGS ON THE BASIS OF NANOSOLS: PRINCIPLES OF FORMING COATINGS, SPECIFICATION OF THEIR STRUCTURE AND PROPERTIES

Н.П. Пророкова
N.P. Prorokova

Институт химии растворов имени Г.А. Крестова Российской академии наук, (г. Иваново)
Ивановский государственный политехнический университет
G.A. Krestov Institute of Solution Chemistry of Russian Academy of Science (Ivanovo)
Ivanovo State Polytechnic University
E-mail: npp@isc-ras.ru

В тексте лекции дается информация о нанозолях и их использовании для модифицирования волокнистых материалов. Приводятся примеры исследований, направленных на создание полиэфирных текстильных материалов с фотокаталитическими свойствами и высокой гидрофобностью. Рассматриваются особенности подходов к формированию на волокнах покрытий на основе нанозолей диоксида титана и теломеров тетрафторэтилена.

Ключевые слова: нанозоль, синтетические волокна, модифицирование волокон, фотокаталитические свойства, диоксид титана, гидрофобизация, теломеры тетрафторэтилена

The text of the lecture provides information on nanosols and their use for the modification of fibrous materials. Examples of studies aimed at creating polyester textile materials with photocatalytic properties and high hydrophobicity are given. The features of the approaches to the formation of coatings based on nanosols of titanium dioxide and tetrafluoroethylene telomers on the fibers are considered.

Keywords: nanosol, synthetic fibers, fiber modification, photocatalytic properties, titanium dioxide, hydrophobization, tetrafluoroethylene telomeres

В последние годы все большее внимание уделяется использованию в процессах модифицирования волокнистых материалов золь-гель технологии синтеза нанозолей и формирования с их помощью модифицирующего покрытия на поверхности волокон. Её реализация предполагает малый расход модифицирующего препарата, проведение обработки при достаточно низких температурах, использование традиционного оборудования [1-6].

Нанозоли представляют собой коллоидные растворы частиц нанометрового размера в водных или органических растворителях [1,2]. Из-за очень высокой площади поверхности таких частиц нанозоли метастабильны [3], что, по мнению авторов [1], приводит в процессе удаления растворителя к образованию трехмерной сетчатой структуры. Диаметры частиц нанозолей составляют от нескольких нанометров до 100 нм. Частицы могут формировать покрытия, размеры которых лежат в интервале, начинающемся с мономолекулярных пленок и заканчивающемся трехмерными объектами толщиной несколько сотен нанометров. Процесс формирования покрытий включает стадии синтеза наночастиц с использованием золь-гель процесса [4,5], осаждения частиц и сушки [1,6]. Условия получения золей (например, растворитель, значение рН, температура, концентрации реагентов, в том числе, прекурсора) определяют форму и размер частиц.

Нанозоли часто используются при формировании функциональных покрытий на разных материалах (например, стекле [7], древесине [8,9]). Однако при нанесении на волокнистые материалы можно использовать не все нанозоли: к их свойствам и технологиям нанесения предъявляются особые требования. Главное ограничение в выборе используемых при модифицировании волокнистых материалов нанозолей связано с низкой

термостойкостью волокон. В частности, температура плавления такого волокнообразующего полимера как полиэтилентерефталат составляет 260 °С, а максимальная температура, при которой волокна из него могут находиться в течение длительного времени – 175 °С [10]. В то же время известно [1,2], что получение большинства кристаллических оксидных покрытий с высокой плотностью происходит при температурах выше 500 °С. Термическая обработка при температурах ниже 200 °С приводит к образованию неорганических ксерогелей, в результате чего следует ожидать формирования аморфных, достаточно пористых покрытий. Таким образом, чтобы получить покрытия, содержащие неорганические оксиды в кристаллической форме, для большинства нанозолей требуется высокотемпературная обработка, неприемлемая при модифицировании большей части синтетических волокон, в том числе, полиэфирных.

Для того чтобы избежать воздействия высоких температур на волокнистые материалы, ведется разработка низкотемпературных способов синтеза нанозолей. Используется метод гидротермального синтеза, при котором высокотемпературное воздействие осуществляется до нанесения покрытия на волокнистые материалы [11,12], кратковременное микроволновое воздействие во время золь-гель синтеза [13,14], а также комбинации различных подходов [15-16]. Кроме того, вопрос о том, как влияет концентрация кристаллической фазы неорганического оксида в формируемом покрытии на свойства волокнистого субстрата, остается открытым: не лишено логики предположение, что слишком высокое содержание неорганических оксидов в кристаллической форме может привести к повышению жесткости волокнистого материала, падению его драпируемости и эластичности. По-видимому, для выяснения этого вопроса требуется проведение исследований, которые позволят определить оптимальное для сохранения свойств волокнистых материалов соотношение содержания в покрытии аморфной и кристаллической составляющих.

К настоящему времени известно большое количество работ, в которых, с помощью поверхностного модифицирования на основе использования нанозолей, достигается придание волокнистым материалам как отдельных новых свойств, например, высокой гидрофобности [17,18], пониженной электризуемости [19], так и их комплекса, например, сочетания антистатических свойств, водо- и маслоотталкивания [20,21], водоотталкивания и антимикробности [22,23], фотокаталитических и антимикробных свойств [24-28].

Однако решение задачи получения функционализированных синтетических волокнистых материалов затруднено за счет ряда особенностей таких волокон и тканей как объектов модифицирования. Например, получение полиэфирных материалов с фотокаталитическими свойствами, достигаемыми за счет формирования покрытия на основе нанозолей диоксида титана, осложняется, прежде всего, двумя факторами [25-29].

Первым фактором является необходимость обеспечения очень прочной фиксации наноструктурированного покрытия на поверхности полиэфирных волокон. Указанное требование диктуется условиями эксплуатации волокнистого материала, включающими интенсивные истирающие воздействия в сухом и мокром состоянии, стирки, химические чистки и т.п., которые могут привести к износу непрочного нанесенного покрытия. Однако достижению высокой адгезии препятствует то, что волокна на основе полиэтилентерефталата содержат очень мало карбоксильных и гидроксильных функциональных групп, за счет взаимодействия с которыми, как известно, диоксид титана может фиксироваться на поверхности волокон. Кроме того, высокая гладкость поверхности полиэфирных волокон также отрицательно влияет на фиксацию на них диоксида титана.

Второй фактор связан с тем, что для придания волокнистым материалам высокой фотокаталитической активности исследователи, по аналогии с модификацией стекол и строительных материалов, и в стремлении обеспечить волокну высокий уровень фотокаталитических свойств, наносят на ткани значительное количество диоксида титана, который образует на поверхности покрытие большой толщины и откладывается не только на волокне, но и в межволоконном пространстве. При этом не принимается во внимание, что

волокнистый материал после модификации должен сохранять такие важные потребительские характеристики как мягкость, способность драпироваться, что невозможно при нанесении на ткань избытка диоксида титана. Кроме того, отложение диоксида титана в межволоконном пространстве может привести к его осыпанию с ткани в процессе эксплуатации. Таким образом, для успешной модификации волокнистого материала необходимо формировать на поверхности каждого волокна, составляющего ткань, очень тонкое покрытие из диоксида титана, не допуская отложения последнего в межволоконном пространстве. Однако при этом остается открытым вопрос, будет ли модифицированная таким образом ткань обладать достаточно высоким уровнем фотохимической активности.

Для обеспечения прочной фиксации покрытия в ИХР РАН было предложено [25-29] использовать предварительную активацию волокнистых материалов. Основой активации полиэфирных волокон, подробно описанной в работах [30-34], является регулируемый слабый поверхностный гидролиз полиэтилентерефталата, осуществляемый в условиях, обеспечивающих сохранение исходного уровня прочности волокнистого материала. В результате активации на поверхности полиэфирных волокон образуется дополнительное количество активных функциональных групп и увеличивается степень шероховатости поверхности, что создает благоприятные условия для повышения адгезии к волокнам покрытий на основе диоксида титана.

Для преодоления указанных выше сложностей в ИХР РАН использовали совокупность различных подходов. Так для уменьшения толщины формируемого покрытия суспензию диоксида титана применяли в разбавленном состоянии. Для повышения фотохимической активности наночастиц TiO_2 , получаемых методом золь-гель синтеза, допировали их частицами железа и серебра. Нанозоль диоксида титана наносили на ткань, подвергнутую предварительной активации химическим способом (гидроксидом натрия и карбамидом) и плазмой поверхностно-барьерного разряда, о необходимости которой было упомянуто выше.

Решение задачи придания полиэфирным материалам повышенной гидрофобности с использованием коллоидных растворов теломеров тетрафторэтилена (ТФЭ), которые тоже можно считать нанозолями, также проводилось с учетом особенностей структуры и свойств волокнистых материалов и специфических требований, предъявляемых к качеству готовых изделий на их основе [35-41].

Согласно современным воззрениям, придание высокой гидрофобности ткани, также как и любому твердому телу, можно обеспечить за счет совместного действия двух факторов. К ним относятся понижение поверхностной энергии с помощью изменения химического состава поверхности, чаще всего, за счет нанесения на поверхность вещества с более низкой поверхностной энергией (гидрофобизатора), а также текстурирование поверхности для придания ей многомодальной шероховатости.

При достижении поставленной цели важно, чтобы готовая ткань не теряла хороших воздухо- и паропроницаемости, т.е. сохраняла способность «дышать». Это означает, что формируемое покрытие не должно перекрывать межниточные и межфиламентные пространства.

Кроме того, ткань с водоотталкивающими свойствами должна характеризоваться не только высоким краевым углом смачивания, но и низким водопоглощением. Водопоглощение оценивается количеством воды, удерживаемой образцом ткани после полного погружения его в жидкость в течение одного часа. Ясно, что для достижения низкого водопоглощения ткани необходимо, чтобы вода не проникала под покрытие. Этого можно добиться в случае формирования сплошного покрытия, имеющего минимальное количество дефектов. Кроме того, чтобы покрытие приобрело шероховатость за счет повторения микрорельефа ткани, оно должно быть ультратонким. Водоотталкивающие свойства ткани должны сохраняться в течение длительного времени.

Известно, что в процессе эксплуатации ткань испытывает интенсивные истирающие воздействия. Следовательно, для долговременного сохранения гидрофобности ткани нужно, чтобы покрытие на основе гидрофобизатора обладало высокой устойчивостью к трению.

Для того чтобы ткани со свойством водоотталкивания были свободны от перечисленных выше недостатков, были специально синтезированы нанозоли теломеров тетрафторэтилена, характеризующиеся очень низкой поверхностной энергией и образующие на поверхности полиэфирных волокон ультратонкие, пластичные покрытия, не перекрывающие межволоконные пространства ткани [35-41]. Кроме того, для повышения адгезии покрытия к волокнистой подложке была использована предварительная активация полиэфирной ткани [30-34].

Таким образом, задачи функционализации синтетических тканей с использованием нанозолей можно успешно решить на основе комплексного анализа свойств нанозолей и построения технологического процесса формирования покрытий с обязательным учетом требований, предъявляемых к готовым модифицированным волокнистым материалам и изделиям из них.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ и правительства Ивановской области в рамках научных проектов р_центр_а №№ 15-48-03064 и [18-48-370005](#)

ЛИТЕРАТУРА

1. Mahltig B., Textor T. Nanosols and Textiles. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2008. 224 p.
2. Gashti M.P, Pakdel E., Alimohammadi F. Nanotechnology - based coating techniques for smart textiles / In book: Active Coatings for Smart Textiles. UK: Woodhead Publishing, 2016. P. 243–268 p.
3. Schmidt H. Considerations about the sol-gel process: From the classical sol-gel route to advanced chemical nanotechnologies // J. Sol-Gel Sci. Technol. 2006. V. 40, P.115-130.
4. Hench L.L., West J.K. The Sol-Gel Process // Chem. Rev. 1990.V 90. P. 33-72.
5. Brinker C.J., Scherer G. Sol-Gel Science: The Physics and Chemistry of Sol-Gel Processing 1990. Boston: Academic Press. 908 p.
6. Nurhan O.C., Buket A. Sol-Gel Applications in Textile Finishing Processes / In book: Recent Applications in Sol-Gel Synthesis/ INTECH, 2017. P. 253-281.
7. Celzard A., Marêche J.F. Applications of the Sol-Gel Process Using Well-Tested Recipes // J. Chem. Edu. 2002. V. 79. P. 854-858.
8. Mai C., Militz H. Modification of wood with silicon compounds. Inorganic silicon compounds and sol-gel systems: a review // Wood Sci. Technol. 2004. V. 37. P. 339-348.
9. Mahtig B., Swaboda C., Roessler A., Böttcher H. Functionalising Wood by Nanosol Application // J. Mater. Chem. 2008. V. 18. P. 3180-3192.
10. Химический энциклопедический словарь / Гл. редактор Кнунянц И.Л.. М.: Советская энциклопедия. 1983 г. С. 470.
11. 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 hidrothermal conditions // J. Solid State Chem. 2003. V. 170. P. 39 -47.
12. Demazeau G. Solvothermal reactions: an opening-up on the synthesis of novel materials or the development of new processes. // High Pressure Research. 2007. V. 27, P. 173-177.
13. Liuxue Z., Peng L., Zhixing, S. Photocatalysis anatase thin film coated PAN fibers prepared at low temperature // Materials Chemistry and Physics. 2006. V. 98. P. 111-115.
14. Tompsett G.A., Conner W.C., Yngvesson K.S. Microwave Synthesis of Nanoporous Materials // Chem. Phys. Chem. 2006. V. 7. P. 296-319.
15. He O., Zhang Z., Xiong J., Xiao H. A novel biomaterial – Fe₃O₄:TiO₂ core-shell nano particle with magnetic performance and visible light photocatalytic activity // Opt. Mater. 2008. V. 31. P. 380-384.

16. Luan Y.B., Jing L.Q., Meng Q.Q., Nan H., Luan P., Xie M.Z., Feng Y.J. Synthesis of efficient nanosized rutile TiO₂ and its main factors determining its photodegradation activity: roles of residual chloride and adsorbed oxygen // *J. Phys. Chem. C*. - 2012. V. 116. H. 17094-17100.
17. Brambilla R., Pires G.P., dos Santos J.H.Z., Lacerda Miranda M.S., Chornik B. Octadecylsilane-modified silicas prepared by grafting and sol-gel methods // *Journal of Electron Spectroscopy and Related Phenomena*. 2007. V. 156-158. P. 413-420.
18. Daoud W.A., Xin J.H., Tao X. Synthesis and characterization of hydrophobic silica nanocomposites // *Appl. Surf. Sci.* 2006. V. 252. P. 5368-5371.
19. Schottner G. Hybrid Sol-Gel-Derived Polymers: Applications of Multifunctional Materials // *Chem. Mater.* 2001. V. 13, P. 3422-3455.
20. Textor T., Mahltig B. Nanosols for preparation of antistatic coatings simultaneously yielding water and oil repellent properties for textile treatment // *Materials Technology*. 2010. V. 25. P. 74-80.
21. Textor T., Mahltig B. A sol-gel based surface treatment for preparation of water repellent antistatic textiles // *Applied Surface Science*. 2010. V. 256. P. 1668-1674.
22. Mahltig B., Fischer A. Inorganic/Organic Polymer Coatings for Textiles to Realize Water Repellent and Antimicrobial Properties—A Study with Respect to Textile Comfort // *Journal of Polymer Science: Part B: Polymer Physics*. 2010. V. 48. P. 1562–1568.
23. Textor T., Mahltig B.; Nanosols for preparation of antistatic coatings simultaneously yielding water and oil repellent properties for textile treatment // *Materials Technology*. 2010. V. 25. P. 74-80.
24. MacKenzie JD. Sol-gel research – achievements since 1981 and prospects for the Future // *J. Sol-Gel Sci. Techn.* 2003. V.26. P.23–27.
25. Пророкова Н.П., Кумеева Т.Ю., Агафонов А.В., Иванов В.К. Модифицирование полиэфирной ткани наноразмерным диоксидом титана с целью придания фотоактивности // *Перспективные материалы*. 2017. №1. С. 19-29.
26. Пророкова Н.П., Кумеева Т.Ю., Холодков И.В. Фотохимическая активность полиэфирных тканей, модифицированных наноразмерным диоксидом титана, допированным металлами // *Все материалы. Энциклопедический справочник*. 2017. № 10. С. 2 – 8.
27. Пророкова Н.П., Кумеева Т.Ю., Кузнецов О.Ю. Антимикробные свойства полиэфирных тканей, модифицированных наноразмерным диоксидом титана // *Перспективные материалы*. 2017. № 11. С. 34 – 44.
28. Пророкова Н.П., Кумеева Т.Ю., Герасимова Т.В., Агафонов А.В. Влияние структуры нанокомпозигов на основе диоксида титана, допированного железом, на фотокаталитическую активность модифицированных ими полиэфирных тканей // *Неорганические материалы*. 2017. Т. 53, № 12. С. 1365-1371.
29. Пророкова Н.П. Научные основы придания полиэфирным текстильным материалам фотокаталитической активности // *Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX-2016)*. Сб. материалов XIX Междунар. науч.-прак. форум 23 – 27 мая 2016 г. Иваново, ИВГПУ. 2016, Часть 2, с. 19 – 25.
30. Пророкова Н.П., Вавилова С.Ю. Модифицирующее действие нитрата аммония и гидроксида натрия на полиэтилентерефталатные материалы // *Химич. волокна*, 2004, № 6, с. 19 – 21.
31. 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 // *Химич. волокна*, 2009, № 3, с. 11 – 16.
32. Kuzmin S.M., Prorokova N.P., Khorev A.V. Chapter 19. Plasma-assisted modification of textile yarns in liquid environment / In book: *Textiles: Types, uses and production methods*. Editor A.El Nemr. New York: Nova Science Publishers, Inc., 2012, p. 557 – 578.

33. 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, v. 8, no. 3, p. 293 – 302.
34. 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, № 1, с. 119 – 127.
35. Пророкова Н.П., Бузник В.М., Кирюхин Д.П., Никитин Л.Н. Перспективные технологии гидро- и олеофобизации текстильных материалов // Химические технологии. - 2010. - Т.11, №4. - С. 213-224.
36. Пророкова Н.П., Кумеева Т.Ю., Хорев А.В., Бузник В.М., Кирюхин Д.П., Большаков А.И., Кичигина Г.А. Придание полиэфирным текстильным материалам высокой гидрофобности обработкой их раствором теломеров тетрафторэтилена // Химич. волокна. – 2010. – № 2. – С. 25 - 30.
37. Пророкова Н.П., Кумеева Т.Ю., Кирюхин Д.П., Никитин Л.Н., Бузник В.М. Придание полиэфирным тканям повышенной гидрофобности: формирование на поверхности волокон ультратонкого водоотталкивающего покрытия // Российский химич. журнал (Журнал Российского химического общества им. Д.И. Менделеева). 2011. Т. LV. № 3. С. 14-23.
38. Пророкова Н.П., Кумеева Т.Ю., Кирюхин Д.П., Бузник В.М. Гидрофобизация полиэфирных текстильных материалов теломерными растворами тетрафторэтилена // Журн. прикл. химии. – 2013. – Т. 86, № 1. – С. 68 - 73.
39. Кумеева Т.Ю., Пророкова Н.П., Кичигина Г.А. Гидрофобизация полиэфирных текстильных материалов растворами теломеров тетрафторэтилена, синтезированными в ацетоне и хлористом бутиле: свойства и структура покрытий // Физикохимия поверхности и защита материалов. - 2015. - №4. - С. 428-435.
40. Пророкова Н.П., Бузник В.М. Модифицирование синтетических волокнистых материалов с использованием фторполимеров (обзор) // Полимерные материалы и технологии. – 2017. - Т 3, № 2. – С. 6 – 17.
41. Пророкова Н.П., Кумеева Т.Ю., Новиков В.В., Холодков И.В. Регулирование трибологических характеристик тканых полиэфирных материалов при модифицировании их теломерами тетрафторэтилена // Трение и износ. – 2018. – Т. 39, № 2. – С. 157 – 165.

ФУНКЦИОНАЛИЗАЦИЯ ТКАНЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЛАЗМОХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

FUNCTIONALIZATION OF FABRICS USING PLASMA CHEMICAL PROCESSING

Б.Л. Горберг¹, В.А. Титов²
B.L. Gorberg¹, V.A. Titov²

¹Ивановский государственный химико-технологический университет

²Институт химии растворов имени Г.А. Крестова Российской академии наук, (г. Иваново)

¹Ivanovo State University of Chemistry and Technology

²G.A. Krestov Institute of Solution Chemistry of Russian Academy of Science, Ivanovo

E-mail: Gorberg@isuct.ru, titov25@gmail.com

Рассматривается область применения низкотемпературной плазмы для придания новых функциональных свойств текстильным материалам. Представлены примеры генераторов плазмы при пониженном и атмосферном давлении, в том числе, плазмы, контактирующей с жидкостями. Плазмохимическая обработка позволяет регулировать гидрофильность тканей и адгезионные свойства, наносить функциональные слои, придающие текстильным материалам электропроводность, бактерицидную активность, биосовместимость. Рассмотрены характеристики промышленного оборудования для плазмохимической обработки тканей и полимерных пленок.

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

In this paper, we consider the field of application of low-temperature plasma to impart new functional properties to textile materials. Examples of plasma generators at reduced and atmospheric pressure, including plasma in contact with liquids, are presented. Plasma-chemical treatment allows us to adjust the hydrophilicity and adhesive properties of fabrics, apply functional layers that give textile materials electrical conductivity, bactericidal activity, biocompatibility. The characteristics of industrial equipment for plasma-chemical processing of fabrics and polymer films are considered.

Keywords: plasma, textile material, modification, functionalization, magnetron sputtering

Интенсивные исследования и разработки методов модифицирования синтетических и природных полимерных материалов (пленок, волокон, тканей) с использованием неравновесной плазмы начались в 70-х годах XX века. В качестве генераторов плазмы используются как газовые разряды при пониженном давлении (тлеющий разряд постоянного тока, ВЧ- и СВЧ-разряды), так и разряды при атмосферном давлении (коронный и поверхностно-барьерный, тлеющий разряд, стабилизированный быстрым потоком газа, плазменные струи, создаваемые при различной частоте электромагнитного поля).

Для неравновесной плазмы при пониженном давлении характерны следующие параметры: температура нейтральных частиц газа ~ 300 К, температура ионов $\sim 300 - 1000$ К, температура электронов $\sim 10000 - 50000$ К. Именно сильная неравновесность плазмы, которая приводит к высоким концентрациям активных частиц при низкой температуре газа и обрабатываемой поверхности, делает ее чрезвычайно привлекательным инструментом модифицирования нетермостойких текстильных материалов.

Активными компонентами плазмы в процессах взаимодействия с материалами могут быть электроны и ионы, атомы и радикалы, возбужденные молекулы, а также вакуумное ультрафиолетовое излучение. Основная роль в их образовании принадлежит соударениям электронов с атомами и молекулами исходного плазмообразующего газа.

Важной особенностью плазмохимической модификации полимеров является то, что изменениям подвергается лишь тонкий поверхностный слой материала (от 10 нм до нескольких мкм). Основная же масса материала не изменяется, сохраняя его физико-химические свойства.

К модификации поверхности полимерных материалов в неравновесной плазме ведут несколько типов взаимодействий. Во-первых, это реакции активных частиц плазмы с макромолекулами, которые приводят к формированию в тонком поверхностном слое материала новых функциональных групп (-ОН, -С=О, -СООН, -СN, =NH, =CF₃, -CF₂ и др.). Состав функциональных групп зависит от структуры обрабатываемого соединения и состава плазмообразующего газа, а концентрации групп определяются балансом скоростей их образования и разрушения до газообразных продуктов и зависят от времени обработки, мощности, рассеиваемой в плазме, и других условий процесса.

Под действием активных компонентов плазмы неизбежно происходят процессы разрыва полимерных цепей с образованием макрорадикалов, продуктами рекомбинации которых являются двойные связи и сшивки макромолекул. В результате конкуренции процессов деструкции и сшивания изменяется средняя молекулярная масса полимера. Процессы деструкции ведут также к травлению поверхности, изменению ее рельефа и удельной поверхности.

Второй подход к функционализации поверхности тканей связан с осаждением слоев новых химических соединений, состав которых определяется только газообразными компонентами плазмы. Таковы, например, процессы плазмохимической полимеризации и осаждения слоев металлов или их соединений (оксидов, нитридов) при распылении металлических мишеней ионной бомбардировкой. Для получения металлических покрытий используется плазма в инертных газах (как правило, в аргоне), осаждение соединений металлов происходит при добавлении к аргону азота или кислорода.

Третья группа процессов обусловлена образованием макрорадикалов на поверхности, контактирующей с плазмой. Последующие реакции радикалов позволяют осуществить химическое модифицирование текстильного материала и после его обработки в плазме, например, путем прививочной сополимеризации или иммобилизации необходимых соединений. Таким образом удается совместить активацию поверхности материала в плазме с последующими химическими операциями, что существенно расширяет возможности функционализации поверхности.

Результатом структурно-химических превращений в поверхностном слое полимера являются прикладные эффекты, такие как регулируемое изменение смачиваемости и адгезионных характеристик, придание биосовместимости и бактерицидных свойств, изменение транспортных характеристик и селективности мембран, придание требуемой электропроводности полимерным пленкам, волокнам, тканям и другие.

Значимым результатом стало создание к середине 80-х годов промышленного оборудования для плазмохимической обработки полимерных пленок и тканей в плазме пониженного давления. Новые технологии нашли свое место в промышленности, обеспечивая экономичность и экологическую чистоту производственных процессов. На рис. 1 показана фотография установки KPR-270 для обработки тканей в плазме пониженного давления. Технические характеристики некоторых промышленных установок приведены в табл. 1, а примеры их использования для функционализации текстильных материалов - в работах [1-5].

Созданы и успешно эксплуатируются промышленные установки для нанесения слоев металлов или их соединений на поверхность тканей, нетканых волокнистых материалов и полимерных пленок методом магнетронного ионно-плазменного распыления (рис. 2). Характеристики установок, работающих на предприятии "Ивтехномаш" (Иваново), представлены в табл. 2. Показаны возможности формирования покрытий из серебра, алюминия, титана, меди, нержавеющей стали, латуни, бронзы на поверхности текстильных материалов, искусственных кож и полимерных пленок [6 - 10]. Использование высокочастотного магнетронного распыления позволяет наносить покрытия из политетрафторэтилена, которые придают материалам водоотталкивающие свойства [11].



Рис. 1. Установка KPR-270 для обработки тканей в плазме пониженного давления

Таблица 1

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
LPCN-180SH	1700	1350	0 - 80	8.5	90	1600
KPR-180/1	1700	1050	0 - 80	6.7	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

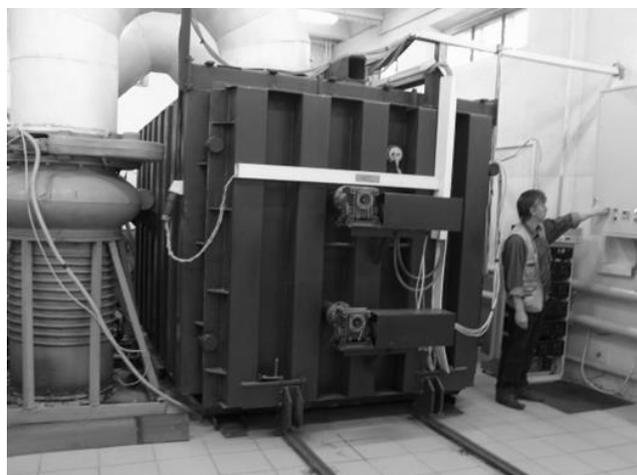


Рис. 2. Фотографии установок УМН-180 и ММ-180 для нанесения покрытий на ткани и полимерные пленочные материалы

Таблица 2

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

С применением метода магнетронного распыления получены новые ткани и искусственные кожи с покрытием "металлик". Осаждение слоев оксида или нитрида титана обеспечивает интересные декоративные эффекты, обусловленные интерференцией света в тонких пленках. Такие материалы могут быть использованы для декорирования интерьеров. Солнцезащитные шторы на основе полиэфирных тканей, обладая высокой отражательной способностью, позволяют обеспечить экономию на кондиционирование помещений в жаркие солнечные дни. Отметим, что нанесение металлических слоев должно приводить и к уменьшению риска возгорания материалов.

Найдено, что, регулируя поверхностную электропроводность тканей за счет выбора материала металлического покрытия и его толщины, можно добиться высокой степени экранирования электромагнитных излучений в широком диапазоне частот, что необходимо для защиты оборудования и персонала.

Поверхностная электропроводность металлизированных тканей обеспечивает их антистатические свойства. Металлизированные ткани могут использоваться при изготовлении искробезопасных фильтров для взрыво- и пожароопасных производств.

Показано, что нанесение тонких металлических покрытий на полиэфирные ткани существенно улучшает их теплоотражающие свойства. При этом покрытия обладают хорошей адгезией к текстильным материалам и не изменяют их воздухо- и паропроницаемость. Это позволяет выпускать спецодежду для персонала, работающего в условиях повышенных тепловых нагрузок (сталевары, пожарные), а также комфортную, сохраняющую тепло одежду для работы при низких температурах.

Медицинские текстильные материалы - наиболее динамично развивающийся сектор текстильной отрасли. В последние годы интенсивно разрабатывается медицинский текстиль, обладающий как биосовместимостью, так и бактерицидной активностью. Исследуются возможности метода магнетронного распыления для создания композиционных материалов медицинского назначения [6, 12, 13]. В лаборатории ионно-плазменных процессов ИГХТУ разработана технология получения новых медицинских материалов с хорошими бактерицидными свойствами - марли и салфеток с нанослоями серебра, которые прошли клинические испытания. Выпускаются и салфетки для косметических и гигиенических применений.

Еще одним направлением функционализации технического текстиля является создание каталитически активных материалов. Так, было показано, что ткань из стекловолокон с покрытием из оксида титана, нанесенного методом магнетронного распыления, проявляет каталитическую активность в процессах плазмохимической деструкции фенола в водной среде [14].

Дальнейшие перспективы применения плазмохимических технологий для получения текстильных материалов и изделий с заданными свойствами связаны с развитием методов нанесения функциональных слоев с использованием плазмы как пониженного, так и атмосферного давления, включая плазму, контактирующую с жидкостями [15]. При этом плазменная обработка может выступать лишь как способ активации поверхности с последующей традиционной химической обработкой. Именно такой подход рассматривается в качестве основы создания "умных" текстильных материалов, способных, в частности, реагировать на изменения температуры, освещенности, влажности и другие изменения окружающей среды. Значительные усилия ученых и инженеров направлены сегодня на развитие методов, связанных с использованием плазмы атмосферного давления, чтобы снизить затраты на реализацию технологических процессов.

Решение поставленных задач, несомненно, требует объединения усилий специалистов как в области текстильного материаловедения, так и физики и химии плазмы, ибо рассматриваемое направление является междисциплинарным.

ЛИТЕРАТУРА

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 K. // *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, Inc. in association with the Textile Institute, Cambridge, 2007.
6. Горберг Б.Л., Иванов А.А., Мамонтов О.В., Стегнин В.А., Титов В.А. // *Рос. хим. ж. (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 Международной 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 Международной научно-технической конференции "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. Kaczorovsky 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. Cvelbar U., Walsh J.L., Cernak M., et al // *Plasma Process Polym.* 2018. V. 16 № 1. 1700228.

ЗЕЛЁНЫЙ ТЕКСТИЛЬ

GREEN TEXTIL

Г.Е. Кричевский
G.E. Krichevskiy

Нанотехнологическое общество России, Москва
Nanotechnological Society of Russia, Moscow
E-mail: gek20003@gmail.com

В статье обсуждаются экологические проблемы отделочного производства текстильных материалов и роль эко-текстиля в современном обществе. Рассмотрены примеры экологичных природных волокон, включая, экзотические для России виды материалов из листьев ананасового дерева, крапивы, кожуры бананов, стручков кофе. Показаны преимущества эко-хлопка по сравнению с обычным волокном. Рассмотрены новые экологические подходы к технологии производства эко-текстиля.

Ключевые слова: эко-текстиль, природные волокна, экологизация производства, энергосбережение

The article discusses the environmental problems of finishing production textile materials and also role of eco-textiles in modern society. Examples of eco-friendly natural fibers, including exotic types of materials for Russia such as pineapple leaves, nettles, banana peels, coffee pods were investigated. The advantages of eco-cotton in comparison with conventional fiber were shown. New ecological approaches to the production technology of eco-textiles were considered.

Keywords: eco-textiles, natural fibres, ecologization of production, energy saving

Производство текстиля – древнейшая практика человека - как и более молодые и современные технологии вносит свой немалый вклад в нагрузку на природу. Это происходит по следующим причинам и направлениям, мешающим устойчивому развитию цивилизации:

- занятие больших площадей под природные растительные волокна (хлопок, лен, сизаль, кенаф и др.);
- использование в выращивании природных растительных волокон удобрений (в т.ч., ядохимикатов);
- большие затраты энергии и воды для переработки текстиля;
- затраты на утилизацию и очистку выбросов в воздух и водоемы;
- необходимость использования многочисленных и часто токсичных химикатов (более 200 наименований) и красителей (несколько тысяч марок);
- готовый текстильный материал несет на себе текстильные вспомогательные вещества (ТВВ), например, аппреты и красители, некоторые из которых проявляют токсичность по отношению к человеку;
- производство синтетических волокон требует в качестве сырья невозобновляемые нефть и газ.

Это только основные экологические проблемы текстильного производства.

Все эти факторы препятствуют устойчивому развитию цивилизации. Рост народонаселения планеты (к 2050 году – 9,3 млрд.) усугубляет эту проблему, поскольку и удельный расход текстиля, и его суммарное мировое производство растут и тянут за собой все экологические негативы производства.

Принципы «зеленой» химии полностью относятся к производству текстиля, которое в значительной мере является химической технологией.

Зелёные технологии в производстве текстиля

Эко-текстиль – растущее, развивающееся производство текстиля, дружественное окружающей среде и использующее минимальное количество химикатов. К сожалению, в производстве текстиля невозможно обойтись без химических веществ (кислоты, щелочи, окислители, восстановители, красители различной химической природы), которые могут

вызывать различные заболевания (головную боль, аллергию, раздражение кожи, проблемы с дыханием и даже рак).

Эко-текстиль стал модным атрибутом и брендом многих продуктов многочисленных компаний по производству текстиля. Это ответ на вызов времени и пожелания общества, которое хочет получать текстильную продукцию одновременно высокого качества и экологичности. А это не так просто, поскольку заданные условия требуют больших затрат на технологические инновации.

Экологические требования к текстилю начинаются с требований к волокнам, без которых пока текстиль не произведешь. Все природные волокна более экологичные, чем химические (искусственные и синтетические), но их экологичность может быть улучшена.

Примеры экологичных природных волокон

Органический (organic) хлопок. Обычный хлопок вполне экологичен сам по себе и обладает ценными санитарно-гигиеническими свойствами, но требует использования очень вредных для человека ядохимикатов (пестициды и инсектициды), убивающих вредные микробы и насекомых, препятствующих росту хлопчатника.

Органический эко-хлопок выращивают без применения ядохимикатов, вредных для окружающей среды. Устойчивость хлопка к заболеваниям передается путем генной модификации. Но пока такого эко- и генномодифицированного хлопка выращивают очень мало (в основном в Индии). Если мировое производство обычного хлопка составляет 25 млн. тонн в год, то генномодифицированного - только примерно 1% от общего объема производства хлопка. Однако производство и потребление эко-хлопка активно набирает темпы.

В табл. 1 показаны преимущества и недостатки эко-хлопка по сравнению с обычным.

Таблица 1

	Обычный хлопок	Эко-хлопок
Окружающая среда	<ul style="list-style-type: none"> – Потеря биоразнообразия; – Нарушение водного баланса; – Загрязнение почвы и атмосферы; – Пестициды убивают полезных насекомых. 	<ul style="list-style-type: none"> – Улучшение утилизации воды; – Повышение биоразнообразия; – Чистота почвы и атмосферы; – Эко баланс между вредителями и полезными насекомыми.
Социум	<ul style="list-style-type: none"> – Проблемы со здоровьем население в районах хлопководства; – Заболевания при высокой концентрации пестицидов. 	<ul style="list-style-type: none"> – Повышение выбора локальных решений и ресурсов; – Выгода для семейного фермерского бизнеса.
Экономика	<ul style="list-style-type: none"> – Расход ресурсов; – Высокая себестоимость продукции; – Невысокий урожай. 	<ul style="list-style-type: none"> – Малый расход ресурсов; – Низкая себестоимость продукции; – Нишевый продукт; – Большие возможности для фермеров.
Пища	<ul style="list-style-type: none"> – Пестициды попадают в пищу вместе с хлопковым маслом; – Пестициды попадают в молоко и мясо животных, питающихся продуктами хлопчатника. 	<ul style="list-style-type: none"> – Нет опасности попадания пестицидов в продукты питания.
Агрокультура	<ul style="list-style-type: none"> – Снижение урожайности; – Дорогая ирригация. 	<ul style="list-style-type: none"> – Повышение урожайности; – Возможность севооборота.
Здоровье	<ul style="list-style-type: none"> – Химикаты, остающиеся в конечном продукте, вызывают проблемы со здоровьем; – Хронические заболевания: рак, слабость, заболевание дыхательных путей, бесплодие. 	<ul style="list-style-type: none"> – Не использование ядохимикатов спасет фермеров и соседей от хронических заболеваний.

Одним из требований «зелёных» технологий является экономия энергии на всех технологических переделах производства текстиля. В табл. 2 приведены сравнительные данные по расходу энергии на производстве природных и химических волокон. G = 280 киловатт часов kwh.

Таблица 2

Волокна	Расход энергии на тонну волокна в G
Лен	10
Эко хлопок	15
Обычный хлопок	55
Шерсть	65
Вискозное	100
Полипропиленовое	115
Полиэфирное	125
Регенерированное (из бутылок) полиэфирное	65
Акриловые	175
Полиамидные	250

Как можно видеть расход энергии на производство природных волокон значительно ниже, чем на химические, особенно синтетические. Использование эко приемов (эко хлопок, регенерированное полиэфирное волокно) позволяет снизить расход энергии и, следовательно, нагрузку на природу.

Пенька (из конопли). Во времена Петра I самое популярное волокно в России. Из него делали парусину, которую использовали на кораблях, судах всей Европы. В настоящее время репутация пеньки сильно пошатнулась из-за использования конопли в изготовлении наркотиков. Генномодифицированная конопля не содержит наркотического вещества cannabin (марит хана), представляющего интереса для наркоманов, но может быть успешно использовано для производства текстиля. Обычная и генномодифицированная конопля не требует каких-либо ядохимикатов при росте, поскольку она защищена от вредных вредителей. Разведение конопли не истощает, а обогащает почву. Производство пеньки из конопли не требует больших экономических расходов.

Волокно из бамбука. Очень быстро растёт, улучшает почву. Волокно из стебля бамбука может извлекаться механически или химически, по подобию получения льна. Требуется минимальной ирригации и не требует использования ядохимикатов, поскольку от природы бамбук устойчив к вредителям. Волокно из бамбука обладает бактерицидностью, поэтому устойчиво к бактериям, отличается хорошими санитарно-гигиеническими свойствами (дышит, собирает влагу). Подготовку волокна ведут с помощью ферментов.

Волокна из белка сои. Используют отходы при производстве продуктов питания из бобов сои. Ткани и трикотаж из этого волокна отличается мягкостью и драпируемостью.

Шерсть можно признать экологичным волокном при условии кормления овец пищей без гормонов и хороших условиях содержания животных. Крашение эко шерсти проводят природными красителями.

Волокна из листьев ананасового дерева извлекают из листьев вручную.

Волокна из крапивы. Это растение устойчиво к паразитам, не требует для роста пестицидов и гербицидов, но без минералов в почве дает низкий урожай. Волокна из крапивы хорошо сочетаются с хлопком. Они имеют более высокую прочность, чем хлопок и тоньше волокон льна. Используют для производства тканей и трикотажа. Обладают приятным шелковым блеском.

Волокна из белков молока. После обезжиривания молока в оставшейся воде остаётся белок молока – казеин, который служит сырьем для производства волокна. Эти волокна тактильные (приятные для кожи при контакте, имеют блеск, обладает

бактерицидностью, высокими санитарно-гигиеническими свойствами). Хорошо смешиваются с растительными и белковыми волокнами.

Волокна из кожуры бананов. Внешне похожи на волокна из бамбука и на растительные волокна рами. Эти волокна прочные, легкие, блестящие и биоразлагаемые, обладают высоким водопоглощением. Используют для производства веревок, канатов, ковриков, домашней фурнитуры и тканей.

Волокна бактериального продуцирования. Многие бактерии в процессе жизнедеятельности продуцируют различные продукты (белки, полисахариды и др.). Австралийские ученые научили известную бактерию *Acetobacter* производить полимер в форме волокон, если бактерии культивировать в бочках с дешевым красным вином. В этой среде бактерии быстро размножаются и алкоголь биопревращается в волокна, всплывающие на поверхность. Их извлекают, отжимают, сушат и делают из них ткани. Недостаток – волокно и текстиль пахнут уксусом, который является промежуточным продуктом биосинтеза волокон.

Волокна из древесной пульпы. Эти гибридные волокна получают из древесной пульпы, из неё же получают бумагу. Волокна из древесной пульпы (целлюлозные) смешивают с полиэфирными волокнами, получаемыми из переработки бутылок из полиэфира. Получают водостойкое, мягкое, эластичное, устойчивое на прорыв волокно, которое используют для верха спортивной обуви.

Искусственный паучий шелк. Природный шелк паутины отличается непревзойденной прочностью (прочнее стальной проволоки), гибкостью и эластичностью. Доверять производить паучий шелк паукам, как тутовому шелкопряду, невозможно. Пауки – каннибалы и имеют очень низкую производительность. Искусственный паучий шелк получают с помощью генной инженерии по следующей схеме:

- извлечение из генома паука гена, отвечающего за производство белка, из которого состоит паутина;
- встраивание этого гена в другой геном, принадлежащий другому организму – хозяину (микроорганизмы, насекомые, животные), которые продуцируют генномодифицированный белок паучьего шелка;
- выделение и очистка продуцированного белка;
- производство из продуцированного белка волокна, пленок, капсул и др.

Волокна этого типа используют в медицине, оптике, в бронежилетах и др.

Волокна из вторичного молока. Получают из белков вторичного молока, которое не может быть использовано в пищу и идет на выброс. Из белка этого вторичного молока производят искусственные белковые волокна.

Волокна «экзотические» (сегодня, а завтра?) из стручков кофе, из утилизированной газетной бумаги, из шелухи кокосовых орехов.

Повышение экологичности химических волокон

Искусственные гидратцеллюлозные волокна начали производить и потреблять еще в начале XX века из древесной целлюлозы по сложной экологически грязной технологии (использование сероуглерода). Так называемая вискозная технология получения вискозного волокна широко используется во всем мире до сих пор. Для решения проблемы экологичности производства вискозного волокна предпринимаются в последнее время различные меры, например, переход на принципиально иную технологию, в которой в качестве растворителя используется довольно экзотический и дорогой препарат N-метилморфамин-N-оксид. В результате, технология становится экологичной, но более дорогой. Растворитель возвращается в производство после рекуперации. Получаемые по этой технологии волокна лиоцелл и тенсел называют хлопкоподобными, поскольку они не теряют прочность в мокром состоянии как хлопок, как вискозное волокно в мокром состоянии на 50% теряет прочность.

Синтетические волокна. Обычные синтетические волокна состоят из полимеров, сырьем для которых служат нефть или газ, то есть невозобновляемые ископаемые. Из них

путем перегонки получают многочисленные соединения, некоторые из которых являются мономерами для синтеза волокнообразующих полимеров. Синтез волокнообразующих полимеров требует затрат энергии, что также несет нагрузку на природу. Большой недостаток обычных, традиционных полимеров и волокон из них – это их биологическая нерасщепляемость. В результате, происходит накапливание в больших количествах закончивших свою потребительскую жизнь изделий из этих полимеров (текстиль, пластик, упаковка, детали машин и разнообразных устройств). Ученые всего мира работают над проблемой создания синтетических полимеров, биodeградирующих как природные полимеры. Пока эти работы не дали больших результатов, но некоторые локальные решения имеются, например:

1. Замена диэтиленгликоля на дипропиленгликоль, синтезируемый по биотехнологии путем ферментизации сахара и гидролизованного зернового крахмала. Полученное полиэфирное волокно имеет более низкую температуру стеклования (50-60 °С), чем классическое полиэтилентерефталевое (~75 °С), и поэтому его можно окрашивать при более низких температурах (~100 °С) и выигрывать в затратах на энергии.

2. Получение полиэтилентерефталевых волокон путем реализации рециклинга (утилизации) – повторное использование бутылок из полиэтилентерефталата. Эти бутылки подвергают переплавлению и из расплава формуют полиэтилентерефталатные волокна. Общая экономия энергии ~ 50%. Эти вторичные полиэфирные волокна в основном идут для производства технических волокон и для основы напольных ковров.

Волокна на основе полимолочной кислоты. Это полностью «зелёное» синтетическое волокно, получаемое биотехнологически.

Биотехнологически получают молочную кислоту из возобновляемого природного сырья – декстрозы, которое получают из зернового крахмала или с помощью бактерий ферментативно. Поскольку полимолочная кислота не может быть получена прямой полимеризацией, то ее получают путем полимеризации циклического эфира диальдегида молочной кислоты по механизму раскрытия цикла альдегида.

Получают полимер с температурой стеклования 65°С, что ниже, чем у полиэфирного волокна (экономия энергии при крашении). Это волокно биологически разлагаемо, поэтому используется в медицине.

Красители и текстильно-вспомогательные вещества (ТВВ)

В производстве текстиля, в его химико-технологической части, используется несколько тысяч индивидуальных по химическому составу марок красителей различных классов и групп, сотни ТВВ (моющие, смачивающие средства, эмульгаторы, диспергаторы, аппреты и др.) органической и неорганической природы, в мономерной или полимерной форме.

Все красители и ТВВ в большей или меньшей степени токсичны и вредны, как таковые, но кроме этого - небезопасны и технологии их производства.

С точки зрения экологии и зелёной технологии все красители можно разделить на две большие группы: природные (органические и минеральные) и синтетические.

До 1854 года все красители были только природные. Органические природные красители содержатся в растениях и животных, придавая им окраску. Все природные красители органической природы абсолютно безвредны, биологически разлагаемые и, более того, многие из них проявляют биоцидные и лечебные свойства. Они дружественные для природы.

Некоторые природные минеральные красители (пигменты), проявляют токсичность, поскольку они содержат в своем составе атомы тяжелых металлов (Fe, Mn, Co, Pb, Cu).

Синтетические красители все в большей или меньшей степени токсичны сами по себе, но токсичны и их продукты разрушения. Особенно токсичны продукты распада (амины) азокрасителей. Токсичными являются не все, а только определенные амины, образующиеся при распаде в процессе носки одежды, окрашенной такими красителями. Такие азокрасители во многих странах запрещено производить и использовать.

В настоящее время происходит возрождение природных красителей органической природы. Сырьем для этих красителей являются различные окрашенные растения (листья, цветы, кора, корни), морские водоросли различной окраски (зелёные, бурые, красные). Природные красители также извлекаются из морских моллюсков и определенных пород рыб.

В последнее время природные красители органической природы получают с помощью бактерий определённого вида, продуцирующих красители как продукты метаболизма.

Оценка жизненного цикла текстиля

Расчёт жизненного цикла (РЖЦ) текстильного изделия позволяет оценить нагрузку на окружающую среду, происходящую на всех стадиях жизни текстиля - от сырья, из которого производят текстиль, включая все технологические переходы (пряжение, ткачество, отбелка, крашения, печатание, аппретирование), до распределения и доставки, использования (носка), ухода и ремонта, утилизации и ресайклинга (вторичное использование).

В последнее время для придания текстилю новых потребительских свойств (бактерицидность, пониженная горючесть, грязе- и водоотталкивающая защита, от УФ-лучей и др.) используют нанотехнологию и наночастицы. Однако, надо понимать, что какая бы инновация, приводящая к новым полезным свойствам продукта, не использовалась, она будет неприменима, если экологически грязная.

Экологические проблемы отделочного производства текстильных материалов

Воздействие человека (антропогенное) на природу было всегда, но оно усиливалось с развитием технологий, а с середины XX века стало настолько сильным, что природа перестала компенсировать это негативное воздействие за счет своих резервов. Принцип разумного природопользования в настоящее время становится в один ряд с другими общечеловеческими проблемами, так как затрагивается самое ценное – жизнь человека и даже возможность продолжения рода человеческого.

В технологии отделки текстильных материалов значительная часть ТВВ, исключая аппретурирующие, выполняя вспомогательную роль в основных процессах (беления, крашения, печатания, аппретирования), удаляются при промывке и попадают в сточные воды. («Мавр сделал свое дело – Мавр должен уйти»). Красители в зависимости от эффективности технологии фиксируются (конверсия) не более чем на 70-80% (исключение - пигменты и новое поколение активных красителей) от взятого количества, остальная часть на стадии промывки также попадает в сточные воды. Сброс в сточные воды и выброс в атмосферу – первое, наиболее важное экологическое следствие химико-технологического характера отделочного производства.

Имеются и другие. Все красители и определенная часть ТВВ закрепляются на текстильных материалах, а они используются в одежде и обуви, которые непосредственно контактируют с кожей человека и должны быть токсикологически безвредными также, как и ткани, идущие для отделки интерьера, для изготовления палаток, поскольку они все вместе формируют среду обитания человека – это вторая экологическая проблема отделочного производства. В качестве примера - одна из версий смерти (а правильнее сказать - убийства) Наполеона на острове Святой Елены заключается в том, что стены его комнаты были оклеены обоями, краска которых содержала мышьяк.

Безвредность тканей для человека не только в прямом их использовании в изделиях, но и на стадии их утилизации - третья проблема. Последние две проблемы токсикологии, решение которых входит в общую задачу создания экологически чистого текстиля - «ЭКОТЕКСТИЛЯ».

Четвертая экологическая проблема отделочного производства проявляется непосредственно внутри него и связана с защитой человека, участвующего в производстве, от воздействия на него всех химических веществ. Это проблема охраны труда и техники безопасности.

Пятая проблема отделочного производства не прямо, а опосредовано, связана с экологией, с повышенными нагрузками на природу. Отделка – водо- и теплоиспользующее

производство, причем использование воды и тепла весьма интенсивное. По западноевропейским нормам расход на отделку 1 кг текстильных материалов составляет 100 л воды и 15-20 квт·час энергии. В РФ реальные цифры превосходят эти в 2-3 раза. Поскольку при производстве энергии (в основе процессы горения) расходуется кислород и образуется углекислый газ (причины парникового эффекта), то это дополнительная нагрузка на природу: при отделке 1 кг текстиля расходуется 5 кг кислорода и образуется 7 кг углекислого газа. Таким образом, при отделке текстильных материалов для защиты окружающей среды требуется решение следующих задач:

- исключение или снижение сброса в сточные воды и выброса в воздух вредных веществ;
- создание нетоксичных при эксплуатации и утилизации текстильных материалов;
- создание безвредных, безопасных условий труда в отделочном производстве;
- оптимизация водо- и теплотрат в отделочном производстве.

Развитие отделочного производства идет под влиянием двух взаимных факторов: экономики и экологии. Эти два фактора определяют конкурентоспособность продукции и, прежде всего, - в развитых странах с жесткими экологическими законодательствами. Решение экологических задач требует очень больших затрат, соизмеримых с затратами на строительство самих текстильных фабрик, т.е. это одновременно экологическая и экономическая проблема, требующая серьезного экономического обоснования. Одновременное решение всех экологических задач для одной фабрики может привести к такому повышению себестоимости продукции, что вызовет банкротство предприятия. Эти задачи должны решаться на разных уровнях: локально - самим производством, на следующих уровнях - местными властями и законодательствами и даже на уровне межгосударственных соглашений.

В цивилизованных странах, где под воздействием соответствующих законов и средств массовой информации сформировалось экологическое самосознание, защита окружающей среды входит в круг каждодневных интересов общества, а потребитель текстильных материалов к традиционным требованиям – необходимый продукт, в нужное время, нужного качества, по разумной цене – добавляет еще одно требование – произвести продукцию по экологически «чистой» технологии. В развитых странах наряду с магазинами, торгующими экологически чистыми продуктами питания, появляются магазины, где продаются изделия из «эко текстиля».

Примеры снижения уровня нагрузки на окружающую среду от отделочного производства

Наиболее яркий пример – это выпаривание мерсеризационных щелоков и возврат их в производство. В настоящее время в Западной Европе все фабрики без исключения, использующие технологию мерсеризации, имеют выпарные установки и достигают уровня рекуперации 90%.

Вопрос рекуперации шлихты решается только в отдельных случаях (Западная Европа). Для этого необходимо территориальное сближение ткацкого и отделочного производств; использование одного типа шлихты, способной к регенерации (чаще всего водорастворимые полимеры). К сожалению, все эти два условия редко совпадают вместе. А проблема рекуперации шлихты с экологической точки зрения очень актуальна, поскольку при расшлихтовке возникает нагрузка на сточные воды, соответствующая 60% углеводородных отходов в стоках отделочного производства;

В практике многих печатных фабрик применяется повторное использование печатных красок. На западноевропейских фабриках уровень утилизации достигает 70% от оставшихся красок. Чем сложнее состав и технология печати, тем труднее решить вопрос о рекуперации печатных красок. Так, печатные краски активных и кубовых красителей, содержащих щелочной агент (активные) и восстановитель (кубовые), дезактивируются во времени и не могут быть повторно использованы. Другим решением этого вопроса является высокий

уровень организации производства, четкое диспетчерское согласование работы печатного цеха и красковарки с использованием компьютерного принципа управления.

Повторное использование красильных растворов находит все большее применение в периодических методах крашения, особенно для классов красителей, для которых степень выбирания достигает 50-70% (прямые, активные) и общий объем производства и использования красителей достаточно велик, что делает решение этой задачи экономически оправданной;

Повторное использование тепловой энергии. В Западной Европе эта проблема была в значительной мере решена за счет повторного использования горячих стоков с отбельного, красильного и промывного оборудования и отходящих газов из сушилок всех видов аппретирующих линий.

Новые экологические подходы к технологии «Механика» и «физика» вместо «химии»!??

Этот вопрос принципиальный не только с точки зрения экологии. С развитием фундаментальных и прикладных исследований в области физики и механики их результаты стали широко внедряться в различные технологии, в том числе и в химическую технологию отделки тканей. Из наиболее интересных пришельцев из «физики» следует отметить: СВЧ, вакуум, лазерную, фото-, радиационную, плазменную техники.

Первоначальная эйфория по поводу того, что «физика» и «механика» вытесняет из отделки «химию» прошла, да и была она преждевременной. Однако «физика» и «механика» заняли важное, но не первое место в технологии отделки текстильных материалов, способствуя также решению вопросов экологии. Однако, успех «физики» и «механики» (тиснение, глянецвание, ворсование и др.) может быть обеспечен только вкупе, в комплексе с «химией».

Замена синтетических препаратов на природные продукты

Этот лозунг выдвигается некоторыми учеными и в какой-то мере приемлем для отделочного производства, поскольку ряду синтетических ТВВ можно найти замену среди природных. Но в каждом конкретном случае необходимо делать разумный (с точки зрения экономики и экологии) выбор. Пример – в расшлихтовке крахмальной шликты возможно использовать ферменты (α -амилозы) взамен химических растворов (кислоты, окислители).

Природные красители не выдержали когда-то конкуренции с синтетическими с момента появления на свет первого синтетического красителя Мовеина. В результате, возникла самостоятельная отрасль химии – анилинокрасочная промышленность. Однако сегодня, в век развития биологии и биотехнологии, необходимо подумать о производстве красителей микробиологически путем выведения специальных микроорганизмов, синтезирующих пигменты, а также частичного возврата к природным красителям, содержащимся в растениях.

Упорядочение ассортимента химических веществ может идти по двум направлениям:

1. Исключение красителей токсичных марок, прежде всего, ряда прямых азокрасителей, занесенных в «черный» список;
2. Программированное составление рецептов с использованием красителей основных цветов.
3. Исключение вредных и опасных продуктов из ассортимента ТВВ

Проблемы утилизации вторичного сырья

Под вторичным сырьем будем понимать в широком смысле слова продукты «после жизни» текстильных материалов и изделий из них, а также отходы производства.

Утилизация изношенных изделий из текстиля, а также фабричного лоскута происходит путем его сжигания (топливо), переработки в бумагу и строительный материал.

Во всех случаях состав этого материала не должен вызывать экологических проблем и выделять вредные продукты при утилизации (тяжелые металлы, формальдегид и др.).

Шлам с отделочного производства, идущий в качестве топлива, удобрений и строительных материалов, должен отвечать тем же требованиям.

Очистка сточных вод и отходящих газов отделочного производства

Какие бы ни были технологические преобразования отделочного производства под углом зрения улучшения экологии, абсолютной чистоты достичь не удастся. Когда говорят о создании экологически чистых технологий, то надо понимать, что этот термин лукавый, популистский, а не научный. Технологии могут быть в большей степени экологически чистыми и не более того. Следовательно, вопрос об очистке сточных вод и газов не снимется с повестки дня и его придется решать в комплексе с совершенствованием технологии.

Конечно для отделочного производства главные экологические проблемы возникают со стоками (95 % затрат – на их очистку) и в меньшей степени - с газовыми выбросами. Поэтому остановимся на очистке стоков.

Принципиально очистку стоков можно организовывать по трем схемам:

1. Очистка на фабричных очистных сооружениях до степени достижения очистки, позволяющей сбрасывать их в городскую канализацию.

2. Сброс стоков без очистки на городские очистные сооружения.

3. Очистка на фабричных очистных сооружениях с возвратом частично или полностью воды на технологические нужды, т.е. организация системы оборотного водопользования.

Наиболее привлекательна третья схема, поскольку она не требует такой глубокой степени очистки сточных вод как по первой схеме. При возврате воды в производство в ней можно оставить ПАВы (для возврата на промывку), электролит (для возврата на крашение) и т.д.

На практике пользуются всеми тремя схемами или их комбинациями. В случае очистки сточных вод отделочного производства можно использовать физические, физико-химические, химические и биологические методы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Отделочное производство, как химико-технологическое, не может обойтись без «Химии» со всеми вытекающими из этого экологическими последствиями. «Химия» не добра и не зла, она нейтральна и представляет опасность только тогда, когда ею не овладели. Экологические проблемы отделочного производства могут быть решены только общими усилиями тех, кто порождает эти проблемы (производители), тех, кто испытывает негативное их влияние (потребители) и общества в целом (ученые, законодатели, исполнительная власть, граждане). Доминанта в решении экологических проблем отделочного производства остается за теми, кто эти проблемы порождает, то есть за самим отделочным производством.

Для решения экологических проблем отделочного производства требуются весьма значительные инвестиции, которые должны производиться на разных уровнях. Если руководители отечественной текстильной промышленности не осознают важность проблем экологии, то она не сможет преодолеть конкуренции с импортными товарами не только на мировом, но и на российском рынке.

ЛИТЕРАТУРА

1. Г. Е. Кричевский. Химическая технология текстильных материалов: учебник для вузов. – в 3 томах – М.: РосЗИТЛП, 2000-2001. 436с, 540с, 298с.
2. Г. Е. Кричевский. Возрождение природных красителей. – М.: Паблик, 2017. 563 с.
3. J. Emsley, Healthy, Wealthy, Sustainable World. - Cambridge: RSC Publishing, 2010.
4. N. Winterton, Chemistry for Sustainable Technologies: A Foundation (Cambridge: RSC Publishing, 2010). Y Wang (Ed.), Recycling in Textiles. - Cambridge: Woodhead Publishing, 2006.
5. P.W. Nielsen, H. Kuilderd, W. Zhou and X. Lu, Sustainable Textiles: Lifecycle and Environmental Impact, Ed. R S Blackburn. - Oxford: Woodhead, 2009. 33 p.
6. J.W. Tester, E.M. Drake, M.J. Driscoll, M.W. Golay and W.A. Peters, Sustainable Energy. - Cambridge: MIT Press, 2005. 137 p.

7. L. Grose, *Sustainable Textiles: Lifecycle and Environmental Impact*, Ed. R S Blackburn. - Oxford: Woodhead, 2009. 33 p.
8. D.W. Farrington, L. Lunt, S. Davies and R.S. Blackburn, *Biodegradable and Sustainable Fibres*, Ed. S Blackburn. - New York: CRC Press, 2005. 191 p.
9. V.P. Panov, I.V. Zykova, S.A. Chekrenev. Heavy metals: The industry and environmental protection. *Fibre Chemistry*, 2008. Vol. 40. N 3. P. 241-245.
10. T.L. Dawson. It must be green: meeting society's environmental concerns. *Coloration Tech* 2008. Vol. 124. N 2. P. 67-78.
11. L. Grose. Sustainable textiles: life cycle and environmental impact. In: Blackburn RS (Ed.), Woodhead, Cambridge, UK, 2009. P. 33-60.
12. M. Poliakoff, P. Licence Sustainable technology: Green chemistry. *Nature* 450(7171), (2007): 810-812.
13. S.B. Moore, M. Wentz. Sustainable textiles: life cycle and environmental impact. In: Blackburn RS (Ed.), Wood head, Cambridge, UK, 2009. P. 214-229.
14. A.K. Roy Choudhury. Green Chemistry and the Textile industry. *TextileProgress* 2013. Vol. 45. N 1. P. 3-143.

**СОЗДАНИЕ НА ОСНОВЕ ЛЬНА-ДОЛГУНЦА СУВЕРЕННОЙ СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ
НАТУРАЛЬНЫХ ЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ ВОЛОКОН РОССИЙСКОЙ ТЕКСТИЛЬНОЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

**CREATION OF SOVEREIGN RAW MATERIAL BASE OF NATURAL CELLULOSIC
FIBRES OF RUSSIAN TEXTILE INDUSTRY
ON THE BASIS OF FIBER FLAX**

Ю.В. Крупнов
Yu.V. Krupnov

Межрегиональный общественный фонд поддержки и развития льняной отрасли
«Льняной союз», (Москва)
Interregional Public Fund for Support and Development of Linen Industry
"Flax Union", (Moscow)
E-mail: kroupnov@gmail.com

Показано негативное влияние слабости современной отечественной текстильной промышленности для экономики России и её безопасности. Причиной этой слабости является отсутствие собственной сырьевой базы натуральных целлюлозных волокон. Положительный опыт по выращиванию льняного волокна и семян, полученный Льняным союзом, позволил разработать принципиально новую агротехнологическую платформу раздельного производства волокна и семян. Следующим шагом станет создание принципиально новой технологической платформы льнопрядения.

Ключевые слова: лен-долгунец; импортозамещение; агротехнологическая платформа; льнопрядение.

The negative impact of the weakness of the modern domestic textile industry on the economy of Russia and its security is shown. The reason for this weakness is the lack of its own raw material base of natural cellulosic fibres. The positive experience of flax fibre and seed cultivation obtained by the Flax Union allowed to develop a fundamentally new agricultural technology platform for separate production of fibre and seeds. The next step will be the creation of a fundamentally new technological platform of flax fibers spinning.

Keywords: fiber flax; import substitution; agricultural technology platform; flax fibers spinning

Лён-долгунец и изделия из него напрямую определяют состояние безопасности национальной экономики и базовое качество жизни российского населения.

На сегодняшний день в России имеется катастрофическое недопотребление натуральных волокон, что заведомо лишает наших сограждан экологически чистой и доступной по ценам одежды и интерьера. Если в США на каждого жителя (а их, к слову, в два раза больше, чем в РФ) приходится в год 18 кг натуральных волокон, то в России – всего лишь два! Поскольку одежда и бытовой текстиль, пожалуй, второй, после продуктов питания, по важности для каждодневной экологичности жизни и обеспечения здоровья человека, то указанные цифры означают, что российское население существенно ущемлено в «одежных» правах - в 9 раз по сравнению с США и другими передовыми странами мира. На порядок!

Натуральные волокна в ситуации глобального загрязнения окружающей среды и роста числа заболеваний и многочисленных дисфункций по причине плохой экологии являются не вчерашним, а завтрашним днём любого общества, ориентированного на развитие и мощный человеческий капитал. Вовсе не случайно Генеральная Ассамблея ООН объявила 2009 год Международным годом натуральных волокон.

При этом дефицит в Российской Федерации натуральных целлюлозных волокон накладывается ещё и на тотальное доминирование среди них импортного хлопка, который, во-первых, с каждым годом растёт в цене и его приходится покупать за валюту, во-вторых,

значительно менее гигиеничен и экологичен, чем лён [1,2], и, в-третьих, ставит нашу текстильную промышленность в импортозависимое положение.

Страны СНГ, производители хлопкового волокна, развивая собственную текстильную промышленность, расширяя ассортимент продукции и повышая её качество, вступили в жёсткую конкурентную борьбу за рынки сбыта. Так, за последние три года в результате предпринятых руководством Узбекистана мер по ограничению экспорта хлопка-сырца в целях получения максимальной маржи от его переработки на собственной территории, российские прядильные и ткацкие предприятия оказались, мягко говоря, в крайне сложном - а если без обиняков, и в катастрофическом положении. Всего только за один 2017 год импорт в Российскую Федерацию узбекского хлопкового волокна, по данным Федеральной таможенной службы России, упал в два раза – с 52 534,3 тонн в 2016-м году до 28 260,8 тонн в 2017-м. Половина российских прядильных производств буквально в момент остались без сырья – и, соответственно, работники этих производств – с неопределённым будущим. Очевидно, это наносит серьёзный экономический и социальный урон и без того не купающейся в роскоши Ивановской области, которая в Российской Федерации производит более 85 % всех хлопчатобумажных тканей! А уже на подходе ограничения со стороны Узбекистана не только на экспорт волокна, но и пряжи. А с 2021 года – уже и тканей.

В этой ситуации впору уже ставить вопрос не о размытом импортозамещении, а о чрезвычайных мерах по обеспечению нашей импортнезависимости и по сути суверенитета России в сфере производства и использования натуральных целлюлозных волокон как сырья для лёгкой, и не только, промышленности - волоконного или волоконно-сырьевого суверенитета. И на первый план здесь выходит как раз лён-долгунец, причём, как стратегическая и геоэкономическая культура.

Ведь то, что мы сегодня зависим от импортного хлопка является не природно-климатической проблемой, а геоэкономическим проигрышем, за которым, с одной стороны, стоит очевидная слабость СНГ-политики и особенно политики в Центральной Азии, и, с другой стороны, провал по обеспечению отечественной лёгкой промышленности своим собственным сырьём – льноволокном текстильного качества, производство тканей из которого за четверть века упало в 26 раз, с 603 млн. до 23,5 млн. квадратных метров. Соответственно сократилось и число предприятий по глубокой промышленной переработке льна в ткани с 81 до 7. В итоге сегодня на месте флагманских льнокомбинатов, того же Зворыкинского в Костроме или Смоленского, построены гигантские торговые центры, реализующих импортные китайские и иные, товары. Вот только у населения нет денег на покупки, так как нет зарплат и самой возможности работать и достойно зарабатывать – из-за отказа сеять и перерабатывать лён. Занятость населения в текстильной промышленности катастрофически рухнула.

Хочется надеяться, что нашим чиновникам теперь дойдёт смысл без преувеличения судьбоносного поручения Президента Российской Федерации В.В. Путина Пр-79 от 20 января 2016 года по обеспечению импортнезависимости от хлопка и системному наращиванию объёмов производства льноволокна в РФ. В том поручении как раз в целях недопущения хлопкового коллапса было поставлено три взаимоувязанные стратегические задачи.

Первая: «организовать ежегодное наращивание объёмов производства отечественного льна и льноволокна для обеспечения в среднесрочной перспективе стратегических потребностей государства».

Вторая: представить предложения по поддержке российских предприятий, использующих хлопковое сырьё, в том числе на зарубежных рынках.

Третья: обеспечить лёгкую промышленность отечественными химическими волокнами и нитями.

К сожалению, ни одна из этих задач так и не была исполнена.

Горький парадокс современного состояния льняной отрасли в том, что льняной коллапс произошёл в стране, в которой лучшие в мире природно-климатические особенности

для культивирования льна (продолжительные летние дни, влажность, фактор обильных утренних рос температурные режимы, специфика почвы и др.), практически неограниченные площади пахотных земель под лён-долгунец (более 80 % аналогичных земель мира) и богатейший отечественный исторический опыт возделывания льна, включая уникальные разработки в области агрономических и промышленных технологий.

Вместе с тем, указанный потенциал предоставляет нам уникальный шанс не только в кратчайшие сроки восстановить отрасль и даже превратить её в локомотив роста экономики депрессивных регионов Нечерноземья, но и выйти на лидирующие позиции в мире и к 2025 году восстановить абсолютную мировую монополию России на лён, а к 2030 году с нынешних жалких 44,5 тысяч га посевов выйти на достигнутый ещё в 1936 года исторический максимум в 2,15 млн га, что, безусловно, выступит катализатором развития мирового рынка льна, создаст мультипликативный эффект и позволит довести мировой рынок льна до 20 млрд евро, а России стать на нём главным игроком.

Это не голословное заявление. Успех реновации льняной отрасли состоится только в том случае, если мы, используя наши естественные конкурентные преимущества, поставим адекватную по масштабам амбиций задачу – в ближайшие семь лет обеспечить достижение Россией абсолютной мировой монополии по льну. То есть только через адекватную геэкономическую задачу, которая позволит нам сбалансировать потребности в импортном хлопке и геэкономике хлопка противопоставить геэкономику льна, мы сумеем стать импортнезависимыми и одеть в уникальный по своим свойствам лён не только Россию, но и весь мир.

Для этого необходимо поставить задачу создания на основе льна-долгунца суверенной сырьевой базы натуральных целлюлозных волокон российской текстильной промышленности. Вот доктринальная задача, требующая перевести и выращивание льна-долгунца на принципиально новую агротехнологическую платформу, у Льняного Союза она теперь есть, и льнопрядение на принципиально новую технологическую платформу, используя передовые наработки в мире, создавая новую по свойствам льняную нитку. Такие технологии у Льняного Союза также на данный момент уже имеются.

Вне всяких сомнений, Президент России, ставя сегодня сверхзадачу рывка и прорыва, однозначно требует от правительства, регионов Нечерноземья и общества в целом особого льняного рывка, который существенно обновит и усилит нашу социальную и хозяйственную жизнь. Из этого и надо исходить. Именно лён как база и матрица целого набора новых материалов с заданными уникальными свойствами, может быть одним из компонентов новой технологической революции, которая идёт на смену британской промышленной революции, основой и началом которой был хлопок.

В отдельных странах и регионах большое богатство создаётся на основе запасов нефти и газа. Для нашего российского Нечерноземья нефтью и газом является лён-долгунец. Впрочем, это давно уже сформулировал русский народ в пословице: «За лен держись – обеспечишь жизнь».

ЛИТЕРАТУРА

1. Живетин В.В., Гинзбург Л.Н., Ольшанская О.М. Лён и его комплексное использование / В.В. Живетин, Гинзбург Л.Н., Ольшанская О.М. – М.: Информ-Знание, 2002. – 400 с.,ил.
2. Живетин, В.В., Осипов Б.П., Осипова Н.Н. Льняное сырье в изделиях медицинского и санитарногигиенического назначения // Журнал Российского химического общества им. Д.И. Менделеева, 2002, т. XLVI, № 2.

О НОВОМ ТЕКСТИЛЬНОМ РИСУНКЕ

ON THE NEW TEXTILE PATTERN

Ю.А. Щепочкина
Ju.A. Shchepochkina

Ивановский государственный политехнический университет
Ivanovo State Politechnical University
E-mail: julia2004ivanovo@yandex.ru

Предложено использовать в качестве текстильного рисунка композиции, включающие фрагменты плат с микросхемами, QR-код, штриховой код или их сочетание. Отделка текстильных материалов с применением подобных композиций в сочетании с современными технологиями позволит получать оригинальную продукцию, которая, прежде всего, может быть востребована в молодежной моде, создает предпосылки к появлению нового стилевого направления в оформлении тканей.

Ключевые слова: текстильный рисунок; цифровые технологии

It is proposed to use as a textile pattern compositions that include fragments of boards with chips, QR-code, bar code or a combination of them. Finishing of textile materials with the use of such compositions in combination with modern technologies will allow to obtain original products, which, first of all, can be in demand in youth fashion, creates prerequisites for the emergence of a new style direction in the design of fabrics.

Key words: textile design; digital technology

К настоящему времени на большинстве российских и зарубежных текстильных предприятиях используются современные технологии заключительной отделки тканей, позволяющие получать самые разнообразные варианты рисунков и цветовых комбинаций [1].

На протяжении десятилетий для текстильной промышленности создавалось огромное количество разнообразных рисунков с учетом модных мировых тенденций [2]. Если к началу XX века модными считались цветочный и абстрактный рисунки, то уже в 20-е-30-е годы прошлого столетия в моду вошли рисунки, отображающие объекты техники – трактора, комбайны, самолеты, дирижабли, рис.1.



Рис.2. Ситец «Цепелины», (хлопок, прямая печать),
художник А. Медведев, Иваново 1930 г.

В свое время такие рисунки (кажущиеся сейчас устаревшими) были актуальны и востребованы, показывали причастность общества к техническому прогрессу и индустриализации страны. Сейчас другое время, но интерес к техническому прогрессу не

ослабевают, приоритетом являются новые знания, которые могут и должны найти свое место в современном текстильном рисунке.

Одним из направлений текстильного рисунка может служить отражение в нем цифровых технологий. Например, основой для создания нового текстильного рисунка могли бы быть сочетания цветовых полей и цифры. При этом главным мотивом дизайнерской проработки рисунка будут являться фрагменты плат с микросхемами различных устройств: жестких дисков компьютеров, мобильных телефонов, других гаджетов. Такое направление отличается оригинальностью и новизной, вполне соответствует стремлению молодых людей приобщиться к современным информационным технологиям.

Ниже представлен предлагаемый нами эскиз текстильного рисунка в виде хаотично расположенных фрагментов плат с микросхемами, а также их сочетание с цифрой и цветовым полем, рис. 2.

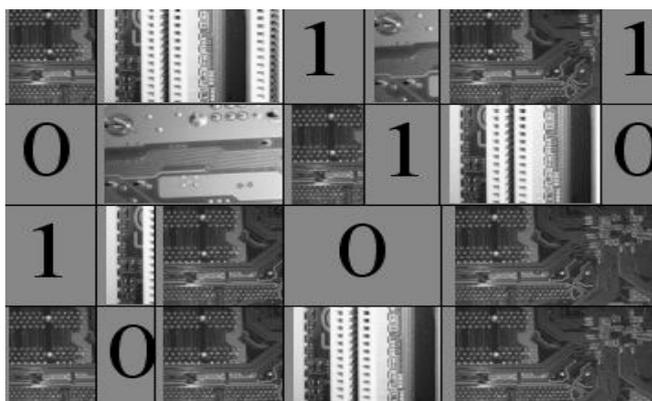


Рис. 2. Эскиз текстильного рисунка «Цифра»

Можно использовать в качестве текстильного рисунка композицию, включающую QR-код, штриховый код или «зевру». В современных условиях такой рисунок подобно надписям несет информационную нагрузку, без труда считываемую при помощи сканирующих устройств. Нами предлагается использование в качестве рисунка на ткани композиций сочетающих QR-код и штриховый код, рис. 3.

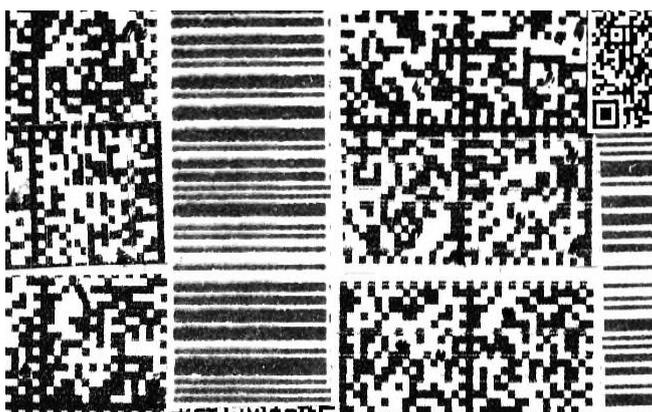


Рис. 3. Эскиз текстильного рисунка «Кодовая графика»

Графическая картинка QR-кода и штрихового кода может быть эффектно соединена с цветочными, геометрическими, абстрактными рисунками, текстурой дерева, камня и других материалов, надписями.

Отделка текстильных материалов с применением подобных композиций в сочетании с современными технологиями позволит получать оригинальную продукцию, которая, прежде всего, может быть востребована в молодежной моде, создает предпосылки к появлению нового стилевого направления в оформлении тканей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Возможность применения инновационных технологий в дизайне ткани и одежды / Торебаев Б.П., Ботабаев Н.Е., Бектурсунова А.К., Ботабаева А.Е. // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2016. – № 3. – С. 186-190.
2. Крылов М.И., Мизонова Н.Г. Влияние политики, технологии и моды на изменения стилистики оформления текстиля на примере печатного рисунка // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2016. – № 6. – С. 161-165.

О ПЕРСПЕКТИВАХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ-ПОЛУФАБРИКАТОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ СРЕДСТВ ХИМИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ

ABOUT PROSPECTS OF USE OF COMPOSITE MATERIALS-SEMI-FINISHED PRODUCTS AT PRODUCTION OF MEANS OF CHEMICAL PROTECTION

Р.Р. Аллямов, А.А.Максимов, С.А.Родионов

R.R. Allyamov, A.A. Maksimov, S.A. Rodionov

Ивановский государственный политехнический университет

Ivanovo State Polytechnical University

E-mail: harley-davison47@mail.ru

Статья посвящена композитным материалам, подвергаемым предварительной пропитке, для последующей переработки и использования при производстве средств химической защиты. Разобран один из способов сочетания высоких механических свойств и простоты использования. Изложена система сокращения длительности цикла формирования.

Ключевые слова: композитный материал, препрег, полуфабрикат, полиуретан, изоцианат, эпоксидные материалы.

The article is devoted to composite materials subjected to pre-impregnation for further processing and use in the production of chemical protection. Disassembled one of the ways to combine high mechanical properties and ease of use. The system of reducing the duration of the formation cycle is described.

Keywords: composite material, pre-preg, semifinished, polyurethane, isocyanate, epoxies.

Одним из значительных условий функционирования потенциально опасных химических объектов является химическая безопасность. При оперативном реагировании на аварии с опасными, вредными химическими веществами важно предотвратить распространение этих веществ, так как оно может не только нанести серьезный вред здоровью населения, но и привести к загрязнению окружающей среды.

Высокая устойчивость к воздействию большинства химически агрессивных реагентов композитных материалов-полуфабрикатов (препегов), на основе углеродного волокна, стала причиной их широкого использования в производстве средств защиты изолирующего типа.

К главным достоинствам технологии использования препегов, относят исключение вероятности смещения волокон, на стадии введения жидкого материала, что приводит к улучшению физико-механических защитных свойств композитного материала. К тому же, для индивидуальной обработки основы волокна требуется, как минимум, две фенолоформальдегидные или полиамидные матрицы[1]. При использовании препега, для производства средств защиты из композитного материала, достаточно единственного компонента.

Тем не менее, существенные недостатки технологии использования препегов, вынуждают тщательнейшим образом подходить к выбору производителя, во избежание осложнения процесса отверждения эпоксидных связующих. Так же большинство препегов требует низкой температуры хранения, что вызывает дополнительные трудности и задержки на стадии их формирования[2].

Разрешение данных проблем, может быть достигнуто, путем использования полиуретана на стадии заготовки. К достоинствам подобного решения, можно отнести тот факт, что физико-механические свойства полиуретанов, изменяются в очень широких пределах (таблица 1), что позволяет не только существенно сократить период отверждения, но и придать материалу более высокую прочность.

Характеристики используемых видов полиуретанов

Показатель	НИЦ ПУ-5	ТСКУ-ФЭ-4	Ур-70 В	СУРЭЛ-20Ф	Диафор-ТДИ	ТТ 129/194
Предел прочности при растяжении, кгс/см ²	450	350	390	500	460	520
Относительное удлинение при разрыве, %	580	550	800	390	500	850
Сопротивление на разрыв, кгс/см	100	30	45	110	65	110
Условное напряжение при 100 % удлинении, кгс/см ²	95	30	35	160	55	160
Относительное остаточное удлинение после разрыва, %	10	10	15	8	10	10
Температурный диапазон, °С	50	80	80	80	80	50

Достичь устойчивости при хранении препреговых систем возможно, путем введения в их состав изоцианатов, способных синтезироваться в полиуретаны, сочетаясь с многоатомными спиртами. Дело в том, что, при наличии определенных катализаторов, изоцианаты возможно преобразовать в уретдионы (рис 1), однако реакция полностью обратима[3], причем для возвращения изоцианатов в исходное состояние, достаточно разложения уретдионов под действием высоких температур.

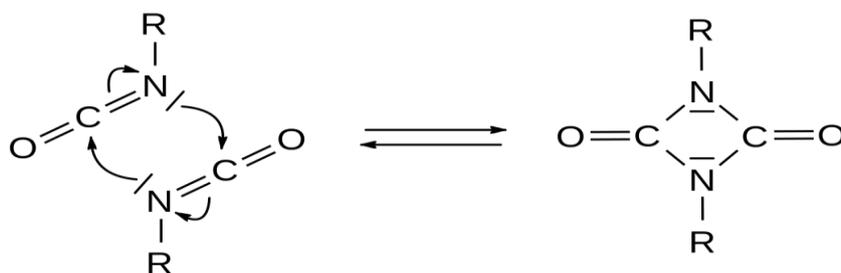


Рис. 1 Димеризация изоцианатов с образованием уретдионов

Таким образом, на этапе предварительной полимеризации свободные функциональные группы —N=C=O сразу вступят, в реакцию. В то время как, оставшиеся изоцианатные группы в уретдионовых кольцах вступят в реакцию, только после разблокировки, т.е. после того, как будут подвергнуты действию высоких температур.

В результате будет получен препрег устойчивый для хранения, но в тоже время, быстро отвердевающий, если это необходимо. При этом фактором влияющим скорость отвердевания станет не сама реакция образования полиуретана, а конкретно факт раскрытия кольца, который можно будет регулировать, путем повышения температуры.

Длительность устойчивого хранения, будет так же регулироваться, поскольку напрямую зависит от количества катализатора[4].

Значительное количество возможностей в изготовлении защитных композитных материалов из полиуретановых препрегов, будет достигнуто благодаря обширности его свойств и зависимости от температурных условий. При ограниченном нагревании, система

длительное время может быть подвержена конструктивным изменениям, в условиях как ручного, так и автоматизированного производства. Таким образом данная система приведет не только к экономии времени в период формовки, но и снижению затрат на производство, за счет отсутствия необходимости в использовании связующих веществ.

В дополнение к технологическим свойствам, стоит обратить внимание на механические свойства полиуретанов. По качеству волокон композитные материалы на основе полиуретана могут конкурировать с высокотехнологичными эпоксидными материалами, что непременно найдет практическое применение при изготовлении средств защиты, самого высокого класса.

Анализ свойств полиуретановых препрегов позволил выявить перспективы их потенциального применения, в производстве товаров широкого потребления и узкоспециализированных областях производства. Установлено, что их применение крайне эффективно отразится в отрасли химической безопасности, конкретно при производстве средств химической защиты подвергаемых существенной механической нагрузке, и в дальнейшем, позволит существенно увеличить объемы автоматизации производства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Веселовский Р.А. Полимерные композиционные материалы и технологии с их использованием при строительстве, эксплуатации и ремонте объектов гидротехники и мелиорации: Методические рекомендации. 1988.-16с.
2. Интернет ресурс <http://graphite-pro.ru/technology/BD> (доступ 18.07.2019).
3. Зворыгин А.Б. Влияние состава исходной и равновесной смеси на выход продуктов в обратимых реакциях Зворыгин А.Б., Зворыгина О.Б.: Сборник материалов 68-й научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых УГНТУ Уфа, 18-20 апреля 2017 г. С. 161.
4. Композитный мир 2016 №01./изд. ООО «Издательский дом «Мир Композитов»/(ISSN 2222-5439)

**ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ ОБОЛОЧКИ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ
НИТЕЙ ИЗ ОКСИДА АЛЮМИНИЯ***

**STUDY OF THE STRUCTURE AND PROPERTIES OF THE SHELL OF ELEMENTARY
THREADS FROM ALUMINUM OXIDE**

А.В. Медведев

A.V. Medvedev

АО «НПО Стеклопластик», Москва

JSC "NPO Stekloplastik", Moscow

E-mail: 24091955@mail.ru

В статье обобщены данные фактографических исследований и исследований морфологии поверхности элементарных нитей из оксида алюминия отечественного производства. Исследования показали наличие на поверхности элементарных нитей регулярной ячеистой структуры характерной для рентгеноаморфных оксидов. ИК-спектр исследованных образцов аналогичен ИК-спектру некоторых форм аморфного оксида алюминия.

Ключевые слова: фактографические исследования, морфология поверхности, элементарные нити, оксид алюминия, аморфный оксид алюминия.

The article summarizes the data of factographic studies and surface morphology studies of elementary threads from aluminum oxide of domestic production. The study showed the presence on the surface of elementary filaments of a regular cellular structure characteristic of X-ray amorphous oxides. The IR spectrum of the samples studied is similar to the IR spectrum of some forms of amorphous alumina.

Keywords: fractographic studies, surface morphology, elementary filaments, aluminum oxide, amorphous aluminum oxide.

Оболочка является важным структурным элементом элементарных нитей, определяющим механические, физические и химические свойства. **Фрактографические исследования** (исследования изломов) отечественных нитей из оксида алюминия проведенные по изображениям полученным методами растровой электронной микроскопии показали различия в характере разрушения оболочки и сердцевины элементарных нитей [1].

Фрактографический анализ изображений показал, что для оболочки элементарной нити толщиной от 0,3 до 0,6 мкм характерно пластичное, а для сердцевины хрупкое разрушение. На микрофотографии, представленной на рисунке 1(а) и (б) хорошо видна оболочка элементарной нити из оксида алюминия (обозначена стрелками). На рисунке 1 (б) разрушение элементарной нити произошло с выкрашиванием сердцевины (место 1), но часть оболочки только надорвана и не потеряла связь оболочкой нити (место 2).

Исследование поверхности элементарных нитей из оксида алюминия методами сканирующей зондовой микроскопии показало наличие на поверхности регулярной организации сферических и конусообразных дисперсных частиц с поперечными размерами до 100 нм [3].

* Работа выполнена под научным руководством д-ра техн. наук, проф. К. Э. Разумеева.

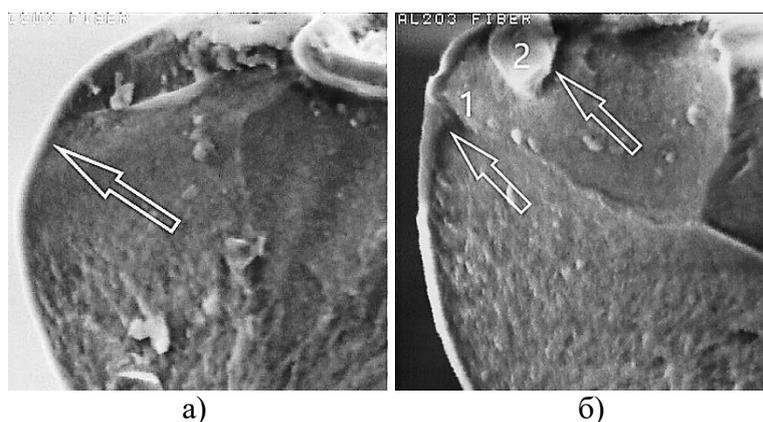


Рис. 1. Оболочка элементарной нити из оксида алюминия

Подобная классическая глобулярная структура характерна для неорганических рентгеноаморфных веществ, в частности типичному представителю неорганических минералоидов – рентгеноаморфному веществу опалу [3].

На рисунке 2 (а) представлена глобулярная структура опалов (обозначена стрелками), на рисунке 2 (б) представлена глобулярная структура поверхности элементарной нити из оксида алюминия. СЗМ – изображения получены на сканирующем мульти-микроскопе СММ – 2000 и обработаны с использованием программы СММ – 2000 – 15 – winXP.

Исследования микро- наноразмерного строения неорганических рентгеноаморфных веществ проведенное методами сканирующей зондовой микроскопии показали, что распределение дисперсных частиц, составляющих глобулярную структуру на поверхности приморских опалов по размерам имеют нормальный (гауссов) вид. В образце австралийского опала средний диаметр глобул составляет 260 нм, среднеквадратичное отклонение 20 нм. Величина частиц приморского опала 205 нм, распределение по размерам существенно шире, чем у австралийского опала, со среднеквадратичным отклонением 25 нм [3].

На рисунке 3 представлена гистограмма плотности распределения дисперсных частиц, составляющих глобулярную структуру на поверхности элементарных нитей из оксида алюминия отечественного производства ФГУП ВИАМ [рисунок 3 (а)] и Nextel 720™ производства 3M Company [рисунок 3 (б)] [2]. Глобулярная структура поверхности элементарных нитей имеет средний размер частиц 90 нм, со среднеквадратичным отклонением 22 нм.

Регулярная ячеистая структура характерна для аморфного оксида алюминия (АОА). На рисунке 4 представлена поверхность АОА барьерного типа. Как видно из рисунка, поверхность исходного образца представляет собой достаточно регулярную ячеистую структуру оксидов [4].

Авторами работы [4] показано, что в исходном состоянии и после отжига при температурах до $T = 973^{\circ} \text{K}$ ($699,85^{\circ} \text{C}$), все исследованные оксиды являлись рентгеноаморфными. На основании этого было выдвинуто предположение о том, что в результате отжига в диапазоне температур $773\text{-}973^{\circ} \text{K}$ происходит некоторое структурное преобразование оксида (при сохранении его рентгеноаморфности), связанное с упорядочением катионной подрешетки.

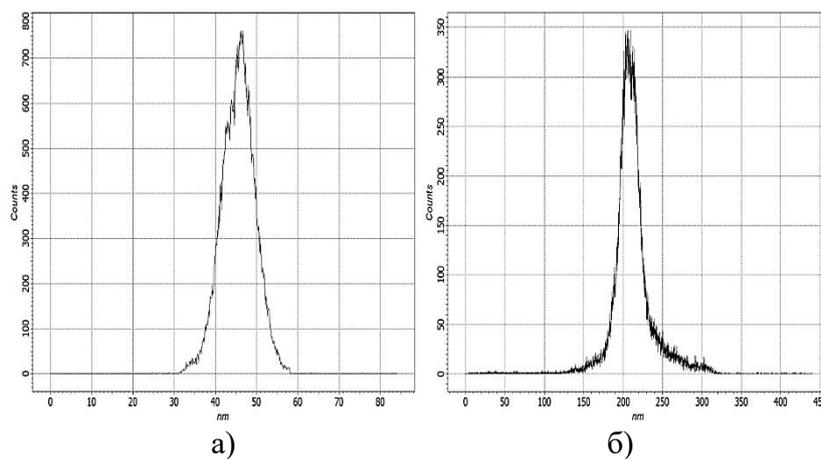


Рис. 2. Гистограмма плотности распределения дисперсных частиц поверхности элементарных нитей из оксида алюминия

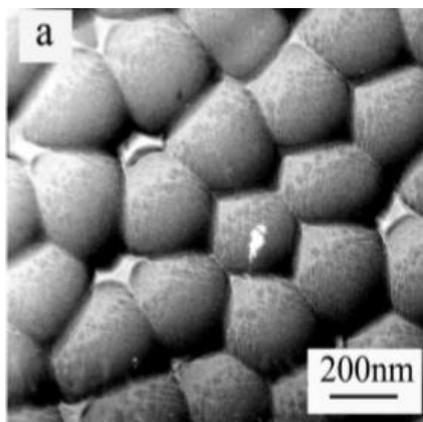


Рис 3. Регулярная ячеистая структура АОА

Термообработку отечественных нитей из оксида алюминия проводят при температуре $550 \pm 10^\circ\text{C}$. Завершающей контрольной операцией производства является контроль рентгенофазового состава на рентгеновском дифрактомере. рентгенофазовый состав должен быть рентгеноаморфным [5].

Аморфную структуру оксида алюминия образуют полиэдры (тетраэдры и октаэдры), соединенные в вершинах кислородными мостиками и составляющие беспорядочную пространственную сетку из четырех и шестичленных колец и цепочек. Связи внутри полиэдров возникают в результате перекрытия и гибридизации *s*- и *p*- орбиталей. Направленность этих связей и их высокая энергетика делают структурные группы достаточно жесткими. Плотность АОА в зависимости от модификации изменяется в пределах $3,5 - 4,0 \text{ г/см}^3$ [6].

Физические свойства АОА недостаточно изучены, но по всей видимости отличаются от свойств кристаллических и поликристаллических форм оксида алюминия. Согласно исследованиям [7] аморфная структура имеет сложную субкристаллическую структуру, состоящую из микрокристаллических включений оксида алюминия с размерами от нескольких микрон до десятков ангстрем.

Авторами работы [8] получена новая форма аморфного оксида алюминия в виде полых трубок длиной до 4 – 6 см и диаметром от 20 до 300 мкм, за счет нагревания в токе газа (водород, гелий, воздух) при нормальном давлении частично гидролизованного AlCl_3 . Дифрактограмма образца, а также данные локальной дифракции электронов свидетельствуют о том, что материал трубок аморфен. На рис. 5 представлен ИК-спектр в координатах «Т пропускания в % – , см^{-1} » аморфного оксида алюминия в виде микротрубок.

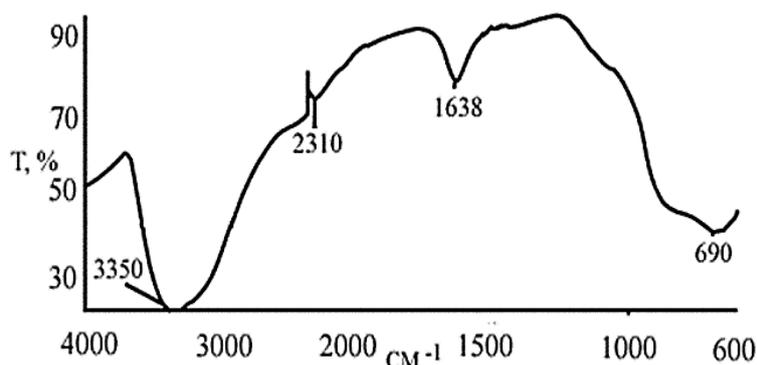


Рис. 4. ИК-спектр в координатах «Т пропускания в % – , см⁻¹» аморфного оксида алюминия в виде микротрубок

Исследование ИК-спектра элементарных нитей полученных на ИК спектрометре SPECORD M-80 VEB Carl Zeiss Jena с показала, что наблюдается поглощение между 4000 и 3240 см⁻¹, локальный минимум находится на 3420 см⁻¹. Пиковый профиль пропускания соответствует 2688 см⁻¹. Второй локальный минимум соответствует 2340 см⁻¹, третий локальный минимум соответствует 1624 см⁻¹ и поглощение становится полным после 652 см⁻¹, за исключением небольшой области при 408-350 см⁻¹.

Исследования оптических характеристик свободных пористых пленок анодного оксида алюминия от условий и режимов формирования показали, что для спектров пропускания в области $\lambda=200-2400$ нм у пленок с наименьшим диаметром пор наилучший коэффициент пропускания Т, наибольшая крутизна края полосы пропускания, отмечается смещение в область ультрафиолета (10 – 380 см⁻¹) [9]. Диаметр пор исследуемых образцов пленок анодного оксида алюминия составлял 25 – 105 нм [9], что сопоставимо с диаметром пор оболочки элементарных нитей 60 – 80 нм. На рисунке 6 представлен ИК-спектр отечественных нитей из оксида алюминия и ИК-спектр аморфного Al₂O₃ в виде анодных пленок, в координатах «Т пропускания в % – , см⁻¹» [9].

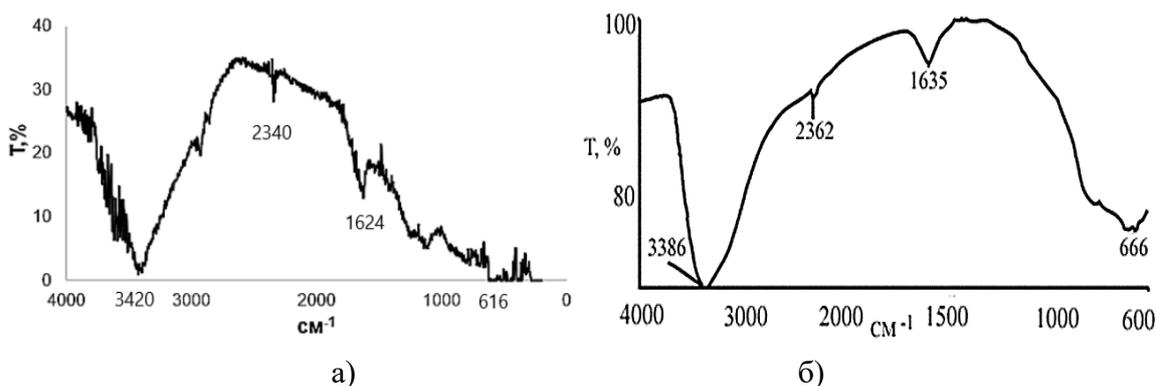


Рис. 5. ИК-спектр в координатах «Т пропускания в % – , см⁻¹» нитей из оксида алюминия отечественного производства и аморфного оксида алюминия в виде анодных пленок

В табл. 1 представлены частоты поглощения, характерные для аморфного оксида алюминия.

Таблица 1

Частоты поглощения образцов аморфного оксида алюминия.

Образец	Частоты поглощения см ⁻¹			
Нить из оксида алюминия	616	1624	2340	3420
АОА в виде оксидных пленок	666	1635	2362	3386
АОА в виде микротрубок	690	1638	2310	3350

Инфракрасный спектр для любого химического соединения имеет совершенно определенный характер. При сравнении двух соединений идентичность их ИК-спектров поглощения почти всегда указывает на идентичность соединений. Сопоставление ИК-спектра отечественных нитей из оксида алюминия представленном на рис. 6 с ИК-спектрами АОА, приведенными на рисунке 5 и рисунке 7 и результатов рентгенофазового состава показывают, что материал оболочки элементарных нитей – наноструктурированный аморфный оксид алюминия.

Аморфную структуру характеризуют следующие главные (структурные) характеристики: макроскопическая изотропность, наличие ближнего порядка и отсутствие дальнего порядка в расположении атомов. Диэлектрические и оптические свойства АОА достаточно хорошо исследованы [7, 8] и имеют ряд отличий от кристаллического оксида алюминия.

Выводы.

1. Оболочка элементарных нитей из оксида алюминия обладает совокупностью физико-механических свойств, отличающихся от поликристаллической формы оксида алюминия.

2. Различие физико-механических свойств связано с тем, что оболочка элементарных нитей из состоит из аморфного наноструктурированного оксида алюминия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Медведев А.В., Разумеев К.Э. Микроструктура поверхности излома элементарных нитей из оксида алюминия// Стекло и керамика. –2014, № 2. С. 1-4.
2. Медведев А.В. Исследование структуры поверхности отечественных и зарубежных нитей из оксида алюминия//Вестник СПГУТД серия 1 . Естественные и технические науки. 2017, №4. С. 92-97.
3. Голубев Е. А. Микро- и наноструктуры твердого минерального рентгеноаморфного вещества: дис. д-ра геол.-мин. наук. — Сыктывкар: Ин-т геологии КНЦ УрО РАН, 2010. 350 с.
4. Яковлева Н.М., Яковлев А.Н., Чупахина Е.А. Термически индуцированные фазовые превращения в нанопористых оксидах алюминия//Конденсированные среды и межфазные границы. 2006. т. 8, №1. С. 69-74.
5. Балинова Ю.А. Непрерывные поликристаллические волокна оксида алюминия для композиционных материалов. Диссертация на соискание звания кандидата технических наук. – М.: ФГУП ВИАМ, 2012. 152 с.
6. Марголин, В. И. Физические основы микроэлектроники: учебник для студ. высш. учеб. Заведений / В. И. Марголин, В. А. Жабрев, В. А. Тупик. – М .: Издательский центр «Академия», 2008. 400 с.
7. Литвинович Б.Г. Оптические свойства свободных анодных пленок оксида алюминия в зависимости от условий режимов формования//Доклады БГУИР. 2008. №2. С. 87-91.
8. Бердоносков С.С., Баронов С.Б., Кузьмичева Ю.В., Бердоносков Д.Г., Мелихов И.В. Новая изящно текстурированная форма аморфного оксида алюминия//Вестник Московского университета. Серия 2. Химия. 2002. Т. 43. №1. С.64- 67.
9. Борисова Т. М. Поляризационные процессы в слоях аморфного оксида алюминия, полученного методом молекулярного наслаивания : диссертация ... кандидата физико-математических наук : 01.04.07 / Борисова Татьяна Михайловна. - Санкт-Петербург, 2014. – 131 с.

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ПРОЦЕССА РЕДИЗАЙНА МЕХОВОЙ ОДЕЖДЫ

DIGITAL TECHNOLOGIES FOR FUR CLOTHING

М.А. Гусева, В.В. Гетманцева, Е.Г. Андреева, И.А. Петросова, В.С. Белгородский
M.A. Guseva, V.V. Getmantseva, E.G. Andreeva, I.A. Petrosova, V.S. Belgorodskij

Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина
(Технологии. Дизайн. Искусство), (Москва)
The Kosygin State University of Russia, (Moscow)
e-mail: guseva_marina67@mail.ru

В статье рассмотрен процесс цифровой подготовки процесса редизайна меховых изделий. Представлены общие положения по описанию условий для редизайна меховой одежды на основе сканирования и визуализации волосяного покрова меха поврежденного изделия. Предложены технологии виртуальной графической проработки композиции реставрируемого изделия.

Ключевые слова: волосяной покров меха, визуализация меховых изделий, имитационная модель.

The article discusses the process of digital preparation of the process of redesign of fur products. The general provisions on the description of conditions for the redesign of fur clothing based on scanning and visualization of the fur coat of the damaged product are presented. The technologies of virtual graphic study of the composition of the restored product are proposed.

Key words: fur hair, fur products visualization, simulation model.

Модные тенденции в дизайне меховых изделий достаточно консервативны и ориентированы на их долгосрочную эксплуатацию, что позволяет отнести данный ассортимент к категории «медленной моды» [1]. В середине XX века цикл модных изменений для изделий зимнего ассортимента составлял 30-40 лет [2, с. 14]. За этот период постепенно происходила смена силуэтного решения, пропорций, отделки и предпочтений в выборе видов меха. Длительность такого модного цикла была обусловлена высокой стоимостью изделий и долговечностью пушно-меховых шкурок [3]. Современная меховая мода стала более динамичной [4]. Меховой гардероб потребителей дополнился новым ассортиментом, включая платья, юбки, брюки, топы, жилеты, жакеты. Наблюдается тенденция изменения взглядов населения на назначение одежды из меха и условия ее эксплуатации, что предопределило потребность в реставрации данных изделий. Востребована не только реставрация поврежденных участков изделий, но и конструктивное изменение стиля и покрова, обновление дизайна модели [5] и фактуры волосяного покрова меха, что свидетельствует об актуальности развития такого производственного процесса, как редизайн меховой одежды [6].

С расширением ассортимента одежды, изготовленной из пушно-мехового полуфабриката, изменилась интенсивность ее эксплуатации. Волосяной покров изделий из меха практически ежедневно испытывает разрушающие нагрузки от воздействия городской пыли и влажности, что сказывается на изменении интенсивности его блеска и цвета. Механические нагрузки вызывают истирание и выпадение волос не только на участках контакта с внешними поверхностями, но и на сгибах меховых деталей [7].

Многие потребители из-за высокой стоимости меховой одежды не готовы расставаться со своей одеждой, утратившей презентабельный вид из-за локальных разрушений волосяного покрова при сохранении природной красоты меха в основной части изделия, что побуждает их обращаться к специалистам за восстановлением эксплуатационных и эстетических характеристик изделий. При этом потребители заинтересованы получить после реставрации не только восстановление качества одежды, но и креативное обновление её композиционного решения.

Исследования востребованности реставрационных работ в меховой одежде различного ассортимента показало, что население РФ получает данные услуги от предприятий разной мощности: в ателье, дизайн-бюро, а также в специализированных цехах меховых фабрик. К наиболее часто заказываемым услугам можно отнести эксплуатационный редизайн, функциональный редизайн, эстетический редизайн (табл. 1).

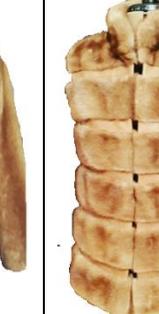
Эксплуатационный редизайн применяется для изделий разной степени изношенности. В одежде, находящейся в хорошем состоянии, в зависимости от степени изношенности и локализации поврежденных участков, реставрируется целостность волосяного покрова за счет собственных ресурсов изделия. В изделиях большого износа поврежденные участки реставрируют различного рода вставками, заменой отдельных шкурок, для восстановления подбирают мех со сходными характеристиками. При этом возможно как укорочение рукавов, так и их удлинение манжетами из меха основного вида или из меха-компаньона, применяют укорочение или удлинение низа изделия, изменяют оформление горловины и карманов.

При функциональном редизайне изменяют ассортиментную группу или назначение изделия. Например, перемещают волосяной покров с внешней стороны на внутреннюю, играющую роль подкладки.

Эстетический редизайн предполагает креативную смену дизайна модели путем нового раскроя деталей изделия, изменением способа раскроя пушно-мехового полуфабриката, пространственной конфигурации и стилового решения модели, частичного и полного изменения цвета изделия, комбинирования деталей из разных по высоте волосяного покрова видов меха, сочетание с текстилем, трикотажем, кожей.

Таблица 1

Матрица редизайна моделей меховой одежды (фрагмент)

Редизайн					
Эксплуатационный		Функциональный		Эстетический [8]	
до	после	до	после	до	после
					
					

Как правило, современные потребители выбирают исполнителя для реставрационных работ после предварительного изучения результатов работы нескольких компаний, отзывов о качестве услуг в соцсетях или на сайтах производств, что позволяет им заранее обдумать свой план ожидаемых реставрационных работ. Анализ оснащенности отечественных

меховых предприятий информационно-коммуникационными технологиями [9] и реализации государственной программы «Цифровая экономика Российской Федерации» [10] показал доступность сети «Интернет» как для крупных предприятий, так и небольших ателье, а также наличие сайтов у большинства производителей, где анонсируются новые разработки и происходит общение с потенциальными клиентами. При подборе персонала менеджеры компаний обязательно оценивают уровень компетенций пользователей прикладных компьютерных программ. Поэтому работники меховых предприятий (скорняки, конструкторы, технологи) мотивированы к приобретению соответствующих навыков.

Разработанная методика выполнения реставрационных работ включает этап приемки мехового изделия, предполагающей проведение визуальной и тактильной оценки состояния волосяного покрова и кожаной ткани меха, а также обсуждение с клиентом нового дизайна изделия. Для цифровизации некоторых этапов редизайна предложен модуль виртуальной первичной оценки степени износа изделия и модуль эскизного проектирования. Визуальная оценка отсканированного изображения изделия позволяет предложить и проиллюстрировать клиенту разные варианты редизайна модели, исходя из эксплуатационного, функционального или эстетического аспектов (рис. 1). Высокая уровень пользовательских компетенций населения в работе цифровой техникой позволяет внедрять на меховых предприятиях практику кастомизированных услуг по редизайну одежды. Предприятие в цифровом режиме может получать от клиента антропометрическую информацию, желаемые габариты нового изделия, пожелания по дизайну модели [11].



Рис. 1– Иллюстрация цифровизации этапа технического задания на редизайн:
а – фото дубленки, полученное от клиента; б, в – модели 3D эскизов эстетического редизайна изделия

Разведывательный эксперимент по кастомизации услуг редизайна меховой одежды проводился с использованием разработанного на кафедре ХМКиТШИ РГУ им. А.Н. Косыгина модуля для бесконтактных исследований. Клиенту предлагалось провести самостоятельную оцифровку мехового изделия с помощью портативного сканирующего оборудования, такого как, например, Kinect. Оцифрованное сканером Kinect изображение (рис. 1а) получено от клиента посредством общения через электронную почту. Обработка цифрового изображения показала наличие потертостей по линии борта изделия, на рукавах, капюшоне, а также различия в высоте волосяного покрова на участках сгибов рукавов (внизу, по линии локтя) и спинке. Клиенту были предложены следующие виды услуг: 1) перекрой изделия с изменением силуэта и оформления горловины; 2) равномерная стрижка меха для уравнивания общей высоты волосяного покрова по стану и рукавам, укорочение высоты волосяного покрова для отделки участков стана и рукавов с целью придания большей выразительности изделию (рис. 2б).



Рис.2 – Этапы цифровизации в редизайне: а - визуализация мехового изделия при оцифровке портативным сканером; б – 3D эскиз; в – готовое изделие

Для успешной работы с современными клиентами необходима цифровая оснащённость предприятий. С помощью виртуальных технологий возможен сбор, обработка и хранение информации о пространственной форме тела человека и его антропометрических характеристиках, наполнение банка данных о стилевых предпочтениях клиентов, базы конструкторско-технологической документации. Многие универсальные программные графические продукты пригодны для использования в процессе проектирования меховой одежды. Исследования возможностей виртуального симулятора CLO3D показало, что инструментариий САПР позволяет выполнять эскизную графическую проработку фактуры меховой поверхности техникой рендеринга (табл. 2) в рамках имитационного проектирования меховых изделий [12].

Таблица 2

Матрица проработки вариантов новой фактуры поверхности в меховом изделии на виртуальном симуляторе CLO3D (фрагмент)



Заключение. Концепция редизайна меховой одежды становится все более актуальной и востребованной как с позиций экологичности, экономичности и функциональности, так и в качестве эффективного маркетингового инструмента для потребителей молодого поколения, ориентированного на креативность и персонализацию и хорошо адаптированного к цифровым технологиям. Внедрение технологии редизайна в производственную практику меховых предприятий предполагает интеллектуализацию дизайнерских и конструкторских работ с использованием цифровых технологий. Цифровая подготовка специалистов меховых предприятий приобретает дополнительную значимость с ростом компьютерной грамотности и технической обеспеченности населения новыми программными продуктами, а развитие конкурентоспособных информационных технологий способствует повышению эффективности отечественной меховой отрасли.

ЛИТЕРАТУРА

1. Fletcher K. Slow Fashion: An Invitation for Systems Change// Fashion Practice: The Journal of Design, Creative Process & the Fashion Industry. - 2010, Vol.2, Is.2. - P.259-265.
2. Кутюшев Ф.С. Скорняжное производство. – М.: Легпромбытиздат, 1989. – 224 с.
3. Гусева М.А., Андреева Е.Г., Новиков М.В. Шкала оценки носкости разных видов пушно-меховых шкур // В сб. мат. Междунар. науч.-практ. конф. «Качество и безопасность товаров: от производства до потребления». - М.: РУК, 2019. - С.163-168.
4. Shen B., Zheng J.-H., Chow P.-S., Chow K.Y. Perception of fashion sustainability in online community// The Journal of The Textile Institute. - 2014, Vol.105, Is.9. - P.971-979.
5. Janigo K.A., Wu J. Collaborative Redesign of Used Clothes as a Sustainable Fashion Solution and Potential Business Opportunity // Fashion Practice: The Journal of Design, Creative Process & the Fashion Industry. - 2015, Vol.7, Is.1. - P.75-97.
6. Кирьянова Е.Г., Гусева М.А., Андреева Е.Г., Гетманцева В.В. Концепция редизайна меховой одежды // В сб. мат. Нац. науч.-практ. конф. «Товароведение, технология и экспертиза: инновационные решения и перспективы развития». – М.: МГАВМиБ, 2018. - С.175-179.
7. Кирьянова Е.Г. Исследование износостойкости современной меховой одежды промышленных коллекций// Международный студенческий научный вестник. – 2018, №1. - С.77.
8. Перешив шуб в меховом ателье OLEDE. URL: <https://olede.ru/pereshit-shubu>
9. Зарецкая Г.П., Петросова И.А., Гусева М.А., Гончарова Т.Л., Мезенцева Т.В., Лопасова Л.В. Маркетинговые исследования пушно-меховой индустрии России. – М.: РПМС, 2015. - 358 с.
10. Программа «Цифровая экономика Российской Федерации» Утв. Распоряжением Правительства РФ от 28 июля 2017 г. № 1632-р URL: <http://static.government.ru/media/files/9gFM4FHj4PsB79I5v7yLVuPgu4bvR7M0.pdf>
11. Petrosova I.A., Guseva M.A., Andreeva E.G. The system of selection and sale of ready-to-wear clothes in a virtual environment // Science and Technology Conference EastConf 2019 International. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8725390>
12. Гусева М.А., Андреева Е.Г. Имитационное формообразование поверхности меховой одежды// Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX). – 2018, №1-1. - С.189-194.

АНАЛИЗ И ПЕРСПЕКТИВЫ КЛЕЕВЫХ СПОСОБОВ ФОРМИРОВАНИЯ ПРЯЖИ

ANALYSIS AND PROSPECTS OF GLUE METHODS FOR YARN FORMING

П.Н. Рудовский¹, И.С. Белова²
P.N. Rudovsky¹, I.S. Belova²

¹Костромской государственной университет

²Муниципальное бюджетное учреждение лицей №17, (г. Кострома)

Kostroma State University

Municipal budgetary institution lyceum №17, Russia, (Kostroma)

E-mail: pavel_rudovsky@mail.ru, belova_irina44@mail.ru

Анализ существующих клеевых способов прядения показал, что основными проблемами, препятствующими их широкому применению, являются значительные затраты на сушку пряжи перед наматыванием и необходимость выведения клеевого состава, затрудняющего окраску, из готовых текстильных изделий. Решением этих проблем может быть применение в качестве связующего клеящих веществ, входящих в состав натуральных волокон, в частности серицина, являющегося одним из компонентов коконов тутового шелкопряда.

Ключевые слова: Клеевая пряжа, пропитка связующим, сушка пряжи, удаление клеящего состава, серицин, натуральный шелк.

An analysis of the existing adhesive spinning methods showed that the main problems that prevent their widespread use are the significant costs of drying the yarn before winding and the need to remove the adhesive composition that impedes dyeing from finished textile products. The solution to these problems can be the use of adhesives as part of natural fibers, in particular sericin, which is one of the components of silkworm cocoons, as a binder.

Keywords: Glutinous yarn, binder impregnation, yarn drying, adhesive removal, sericin, natural silk.

Одним из направлений развития технологии прядильного производства, позволяющего существенно повысить производительность оборудования являются так называемые, клеевые способы формирования пряжи. Сущность которых заключается в том, что мычку или ровницу пропитывают некоторым связующим. Если пропитывается мычка, то основным эффектом является получение требуемой прочности без кручения продукта. Это позволяет увеличить скорость формирования пряжи до (100...300) м/мин [1]. В случае пропитывания ровницы появляется дополнительный эффект – улучшение контроля за движением волокон при вытягивании за счет сил поверхностного натяжения. Способ получения кольцевой пряжи из ровницы, смоченной связующим получил название «Pavena-Pavil».

При способе «Pavena-Paset» [2] вырабатывается некрученая пряжа, прочность которой обеспечивается за счет проклеивания связующим.

По способу "Pavena" клеящий состав вводится в волокнистый продукт в виде раствора. Обычно используется 5% раствор ПВА, который вводят в количестве 10% от массы пряжи. Прочность хлопковой пряжи, полученной по технологии "Pavena" составляет 50% и 72% от прочности кольцевой и пневмомеханической пряжи соответственно.

В [3] отмечается, что впервые способ прядения без кручения с проклеиванием был применен в льнопрядении. В качестве склеивающего вещества в настоящее время применяют крахмал и поливиниловый спирт (ПВС). Пряжу вырабатывают из хлопкового, вискозного, лавсанового, и акрилового волокон длиной (30...80) мм и линейной плотностью (0,15...0,5) текс.

В [4] приводится обзор способов, использующих для формирования пряжи пропитанную связующим массу волокон. Отмечается, что такие способы применимы для

получения пряжи из льна и химических волокон. Фирма "Rietter" (Швейцария) предлагает одновременно со склеиванием волокон производить их окрашивание.

Сформированная таким образом пряжа наматывается в бобины крестовой намотки. Для предотвращения склеивания прилегающих слоев намотки пряжа должна высушиваться. Для формирования компактной пряжи и снижения ее влажности используют устройства ложного кручения. Однако несмотря на их применение влажность сформированной пряжи может составлять до 70-80%. Высушивание такой пряжи с учетом высокой скорости ее движения требует значительных энергозатрат. Так по данным [5] при скорости выпуска 100 м/мин они могут составлять до 0,2 Вт/текс.

Для снижения затрат на высушивание пряжи клеящий состав может вводиться в виде водорастворимых или легкоплавких волокон. В качестве таких чаще всего применяют волокна ПВА или ПВС. Наиболее распространенным способом, использующим связующее в виде волокон, является способ «TWILO», разработанный в Нидерландах [6...9]. Пряжа получается из смеси обычных и связующих волокон. Между вытяжным прибором и приемным устройством устанавливается механизм ложного кручения фрикционного типа и термокамера. Пряжа, проходя через термокамеру, нагревается. При этом связующие волокна размягчаются и склеивают основные волокна. Температура размягчения связующих волокон (70...80) °С. Поскольку смачивание мычки не производится, то и сушка сформированной пряжи не требуется. Однако при этом необходимо нагревать мычку в термокамере, что требует соизмеримых затрат энергии. Но при этом теряется в качестве пряжи, которое обеспечивается вытягиванием продукта в мокром состоянии.

Очевидно поэтому фирма «TWILO» провела модернизацию машины [9], заключающуюся в установке устройства, обеспечивающего предварительное смачивание ленты. Это позволило: на 10% увеличить разрывную нагрузку и удлинение пряжи, а также повысить скорость ее выпуска. На машине можно вырабатывать пряжу с линейной плотностью 29,4 текс при скорости выпуска 400 м/мин.

Способ фирмы «TWILO» неоднократно модифицировался. Изменения были направлены на поиск решений, позволяющих снизить затраты, связанные с сушкой продукта и при этом сохранить приемлемую прочность пряжи. Так в [10] приводятся сведения о разработке университете штата Техас машины, позволяющей получать пряжу из хлопковых волокон с добавлением волокон из растворимого в воде клея. Смешивание волокон может производиться как на стадии разрыхления, так и на ленточных машинах. Отличительной особенностью формирующего устройства является увлажнительное устройство, которое устанавливается в зоне вытягивания и обрабатывает смесь волокон паром, после чего мычка подвергается ложному кручению. Полученная таким образом пряжа подвергается сушке на нагреваемом барабане, для чего охватывает его несколькими витками наматывается несколькими витками.

Некоторые модификации перечисленных клеевых способов формирования пряжи рассматриваются в обзорах [11...13].

Пряжу, полученную клеевыми способами, часто приравнивают по свойствам с ошлихтованной пряжей и даже отмечают, что такая пряжа перед ткачеством в шлихтовании не нуждается. Однако следует отметить существенные отличия. Шлихта наносится на поверхность пряжи, в то время как связующее пропитывает всю структуру пряжи на полную глубину. В случае, если клеящий состав вносится в виде волокон, на поверхности пряжи не образуется полноценная пленка, предохраняющая пряжу от истирания в процессе ткачества. Поверхность пряжи имеет ворсистый вид, характерный для неошлихтованной пряжи. В любом случае ткань, полученная из пряжи, выработанной клеевым способом должна проходить обработку, аналогичную расшлихтовке, но с более жесткими режимами. Из-за того, что связующее проникает в пряжу на полную глубину «расшлихтовка» тканей из такой пряжи создает определенные проблемы, она требует более интенсивных режимов, что в свою очередь приводит к дополнительным затратам тепла и воды.

Следует отметить, что все применяемые в настоящее время технологии расшлихтовки требуют значительного числа различных добавок или жестких условий обработки, от чего возрастает риск разрушения самого волокна, увеличивается продолжительность технологического процесса за счет промывки, а также возрастает энергоемкость и трудоемкость.

Выходом из такого положения является выбор в качестве связующего веществ, содержащихся в текстильных материалах природного происхождения. Так в [14 ... 18] для получения льняной ровницы клеевым способом предлагается использовать пектины, содержащиеся в льняном волокне. В этом случае нет необходимости их выведения из текстильных изделий. Использовать пектины льняного волокна для производства пряжи не удастся в силу того, что создать при их помощи достаточно прочной связи волокон не удастся.

Имеется опыт использования в качестве основного компонента шлихты серицина – природного клея, содержащегося в коконной оболочке тутового шелкопряда. [19].

При образовании кокона серицин выполняет роль структурообразователя, создавая склейки между нитями фиброина, обеспечивая тем самым пористую волокнистую структуру кокона.

Цепи макромолекул серицина не упорядочены и не имеют волокнистого строения. Извлекают серицин вывариванием сырого шелка с водой, причем фиброин, образующий волокнистый сердечник коконной нити, не растворяется. В раствор переходит только серицин. Полученный таким путем горячий водный раствор серицина при охлаждении застывает в виде студня. Чистый высушенный серицин представляет собой порошок без цвета и запаха, разбухающий в холодной воде и легко растворимый в горячей [20]. Содержание серицина составляет 20 - 30% массы коконной нити шелкопряда.

К связующему предназначенному для получения пряжи клеевым способом предъявляются требования аналогичные к требованиям шлихтующих материалов:

- способность к пленкообразованию;
- клеящие свойства;
- высокие адгезионные и когезионные свойства;
- токсикологическая и экологическая безопасность.
- возможность регулирования вязкости с помощью изменения концентрации;
- способность легко удаляться с поверхности текстильного материала при промывке;

По своим физико-химическим свойствам серицин отвечает всем этим требованиям.

При использовании серицина в качестве связующего нет необходимости в его выведении из готовых текстильных материалов. Серицин как компонент шелка отвечает высоким гигиеническим требованиям, а как показано в [19] прочная химическая связь, образующаяся между целлюлозным волокном и серицином в сочетании с рыхлостью его структуры, не препятствует диффузии и адсорбции красителя к волокну, обеспечивая самым прочностью окраски.

ЛИТЕРАТУРА

1. Rydnicár Juri, Stratil František. Nektere neortodoxni technologie predeni prizi vhodné pro vlnarsky prunysl. Textil (Чехия) 1977, 32, №8.
2. Salaun H.L., Brown R.S., Lonis G.L. No-twist cotton yarn made from card web. Text Res. J. 1980, 50, №2.
3. Nuovi sviluppi nella filatura senza torsione. Selz. tess. 1981, 21, №6, с.27-32.
4. Motte René. Filature par collage. Ind. text. (Франция) 1979, №1095.
5. Палочкин С.В. Технология формирования и переработки некрученой обвитой льняной ровницы.- М.: МГТУ им. А.Н.Косыгина, 2002 -212 с.
6. Falschdrahtspinnen mit Bindefaserbeimischung. Textil Praxis International. 1979, 34, №6.
7. Novi postupak predenja. Tekst. ind. 1976, 24, №8.
8. Twilo-Produktion von Nonspuns. Chemit-fasern/Textilindustrie. 1977, 27/29, №11.

9. Fills sanstorsion en coton. Nouvelles perspectives de développement. Ind. text. (Франция) 1982, №1121.
10. Daviidson Jon V. Yarn spinning has a new twist (less). Text. World. 1981, 131, №10.
11. Klein W. Neue Garnherstellungsverfahren. Melliand Textilberichte, 1977, 84, №9.
12. Klein W. Neue Garnherstellungsverfahren. Weberei- und Strikerei. 1977, 25, №6.
13. Wolf B. Filati a fiber dicontinue offenuti con procedimenti non tradizionali. прядения. Ind. Coton. 1981, 34, №3.
14. Рудовский П.Н., Смирнова С.Г. Математическая модель прочности мокрой бескруточной ровницы из льна. Депонированная рукопись ВИНТИ № 82-В2010 17.02.2010
15. Кириллова Е.С., Рудовский П.Н., Соркин А.П. Влияние срока хранения увлажненной бескруточной ровницы на ее качество. Вестник Костромского государственного технологического университета. 2006. № 13. С. 14-15.
16. Палочкин С.В., Рудовский П.Н., Соркин А.П., Смирнова С.Г. Устройство для формирования ровницы из льняного волокна. патент на полезную модель RUS 90444 22.09.2009
17. Палочкин С.В., Рудовский П.Н., Соркин А.П. Ровница и способ ее получения. патент на изобретение RUS 2164567 27.03.2000
18. Палочкин С.В., Соркин А.П., Рудовский П.Н., Егоров Д.Л. Устройство формирования некрученной ровницы из льняного волокна. патент на изобретение RUS 2168569 22.05.2000
19. Ишматов А.Б., Рудовский П.Н., Яминова З.А. Применение серицина для шлихтования основ. Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2012. № 6 (342). С. 98-102.
20. Ишматов А.Б., Яминова З.А., Рудовский П.Н. Обоснование режимов получения серицина в виде порошка для приготовления шлихты. Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2015. № 6 (360). С. 79-83.

**РАЦИОНАЛЬНЫЕ СПОСОБЫ ФОРМИРОВАНИЯ КРОМОК ТКАНЕЙ,
ВЫРАБАТЫВАЕМЫХ НА РАПИРНЫХ ТКАЦКИХ СТАНКАХ**

**RATIONAL METHODS OF FORMING THE EDGES OF FABRICS,
PRODUCED ON RAPIER LOOMS**

М.А. Уточкин, С.Г. Керимов, И.В. Розанов, И.В. Уточкина
M.A. Utochkin, S.G. Kerimov, I.V. Rosanov, I.V. Utochkina

ООО «Ярославские текстильные разработки», (г. Ярославль)
LLC "Yaroslavl textile development", (Yaroslavl)
E-mail: chnur@mail.ru

Описаны новые рациональные способы формирования кромок на рапирных станках, заключающиеся в прокладывании в зеве через раз с двух сторон ткани утка сдвоенной петлей с последующей кратковременной фиксацией и освобождением конца петли. Приведены схемы расположения нитей основы и утка в кромочных зонах тканей, изготовленных новыми способами формирования кромок.

Ключевые слова: рапирный ткацкий станок, формирование кромок тканей, прокладывание утка рапирой с неподвижных паковок, уток в виде петель из сдвоенных нитей, фиксация уточных петель в зоне кромок.

New rational methods of forming edges on rapier looms are described, which consist in laying weft in the throat once on both sides of the fabric with a double loop, followed by short-term fixation and release of the loop end. Schemes of arrangement of warp and weft threads in the edge zones of fabrics made by new methods of edge formation are presented.

Keywords: rapier loom, forming the edges of the fabrics, laying weft from a stationary package by a rapier, weft in the form of loops of the doubled threads, fixing the weft loops in the area of the edges.

Одним из основных атрибутов тканых изделий (тканей и тканых лент) является наличие по их краям кромок или краевых полосок, предназначенных для фиксации периферийных нитей основы. Кромки тканых изделий, составляющие незначительную их часть, оказывают большое влияние как на сам технологический процесс ткачества так и на их потребительские свойства. Кромки имеют структуру, отличающуюся от фона, и на ткацком станке она формируется в иных условиях, чем фон ткани. Кромочные нити сильнее всего повреждаются бердом, подвергаются большему воздействию уточной нити, чем нити фона. Всякое изменение диаметра уточной нити, изменение жесткости на изгиб, натяжения, изменение плотности намотки уточной паковки в первую очередь отражаются на кромочных нитях. Малейшие изменения заправочных параметров и колебания положения опушки ткани отражаются на кромке ткани.

Кромки, получаемые на челночных станках, принято называть натуральными или классическими. Кромки, образуемые при способе питания станка утком с неподвижной бобины, называются искусственными. На бесчелночных станках в большинстве случаев образуются искусственные кромки. Требования к данным кромкам предъявляются те же, что и для кромок тканей с челночных станков. Однако выполнение всех требований трудно осуществимо, поэтому искусственные кромки в большинстве случаев уступают кромкам с челночных станков по внешнему виду, расходу сырья, толщине. Как правило, для образования кромок указанного вида требуются дополнительные кромкообразующие механизмы, в некоторых случаях - дополнительные паковки.

Для обеспечения нормальных условий выработки и последующей обработки кромки технических тканей должны быть прочными.

Проблема кромок особенно остро стоит в бесчелночном ткачестве. С освоением

бесчелночных ткацких станков возникает проблема закрепления краев ткани уточными нитями. Крайние нити основы необходимо закрепить каким-либо способом от выпадения.

При этом получают искусственные кромки, имеющие повышенный расход уточной нити по сравнению с классическими, получаемыми на челночных станках. В некоторых случаях образуется ложная обрезаемая кромка из основных нитей. Все это увеличивает расход сырья для выработки аналогичных тканей на бесчелночных станках до 5%. Таким образом, высокая скорость бесчелночных станков вступила в явное противоречие с безотходностью технологий. Бахрома из концов отрезанных уточных нитей несколько ухудшает внешний вид ткани. При правильно построенных кромках сокращается расход сырья на 1 м² ткани, увеличивается производительность труда и оборудования, уменьшается возможность ухудшения качества ткани в отделке.

На различных современных рапирных ткацких и лентоткацких станках в зависимости от способа прокладывания на них утка формируется несколько видов кромок: закладные, брошюровочные, перевивочные, вязаные, оплавленные.

На некоторых современных рапирных ткацких станках прокладывание уточных нитей производится жесткими или гибкими рапирами в виде петли из сдвоенной уточной нити с последующей кратковременной её фиксацией до момента прокладки встречной уточной петли на стороне, противоположной от входа рапиры (см. Рис. 1.).

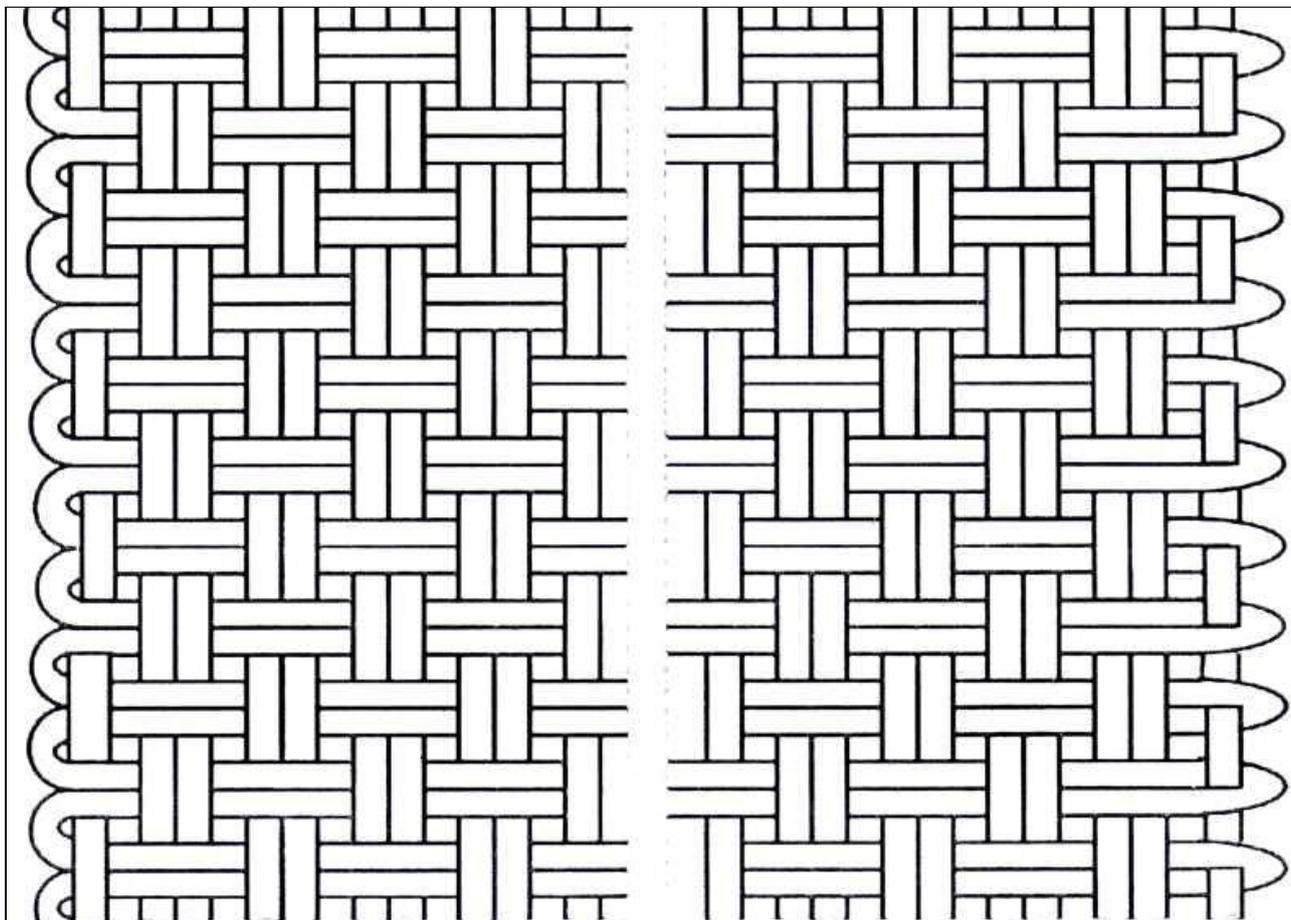


Рис. 1. Схема взаиморасположения нитей основы и утка в кромочных зонах ткани, в которой фиксация периферийных нитей основы и формирование кромок осуществляется путем прокладки между нитями уточных петель дополнительной основной нити, сходящей со шпули специального шпульно-челночного устройства.

При таком способе тканеформирования фиксация периферийных нитей основы и формирование кромок осуществляется путем прокладки между нитями уточных петель дополнительной основной нити, сходящей со шпуль специальных шпульно-челночных устройств, расположенных с одной стороны формируемого тканого изделия. Получаемые при этом кромки подобны классическим кромкам с челночных ткацких станков. Недостатком этого способа формирования кромок тканых изделий является необходимость приобретения и установки дополнительного технологического оборудования (шпуленамоточных машин) и введения в процесс ткачества дополнительного технологического перехода – намотки шпули кромочных нитей и частой их замены, так как емкость шпуль с кромочными нитями ограничена небольшими размерами шпульно-челночного механизма станка.

С целью совершенствования техники и технологии тканей с участием авторов на уровне изобретения разработаны два новых рациональных способа формирования кромок тканей на рапирном ткацком станке с двухсторонним способом прокладки утка в зев петель, обеспечивающим изготовление качественных тканей с минимальными затратами основных средств, трудовых и материальных ресурсов. Формируемые при этом кромки получаются подобными натуральным, получаемым на челночных ткацких или лентоткацких станках.

Первый вновь разработанный способ рационального формирования кромок тканей на рапирном ткацком или лентоткацком станке заключается в изготовлении тканого изделия путем взаимного переплетения основных нитей, сходящих с навоя или шпулярика, и уточных нитей, прокладываемых с неподвижных паковок двумя жесткими или гибкими рапирами, движущимися в чередующемся порядке попеременно с двух сторон в виде петель из сдвоенных уточных нитей. Далее способ предполагает кратковременную фиксацию и последующее освобождение концов уточных петель в момент прокладки встречной уточной петли на сторонах, противоположных от входа рапиры. При этом фиксация уточных петель с каждой стороны тканого изделия осуществляется периодически программируемо выдвигаемыми в вертикальной плоскости заостренными стержнями конической формы, расположенными перпендикулярно или наклонно к полотну вырабатываемого тканого изделия и опускаемыми после приобоя каждой сдвоенной уточной нити с одновременным освобождением концов петель от стержней (см. Рис. 2.).

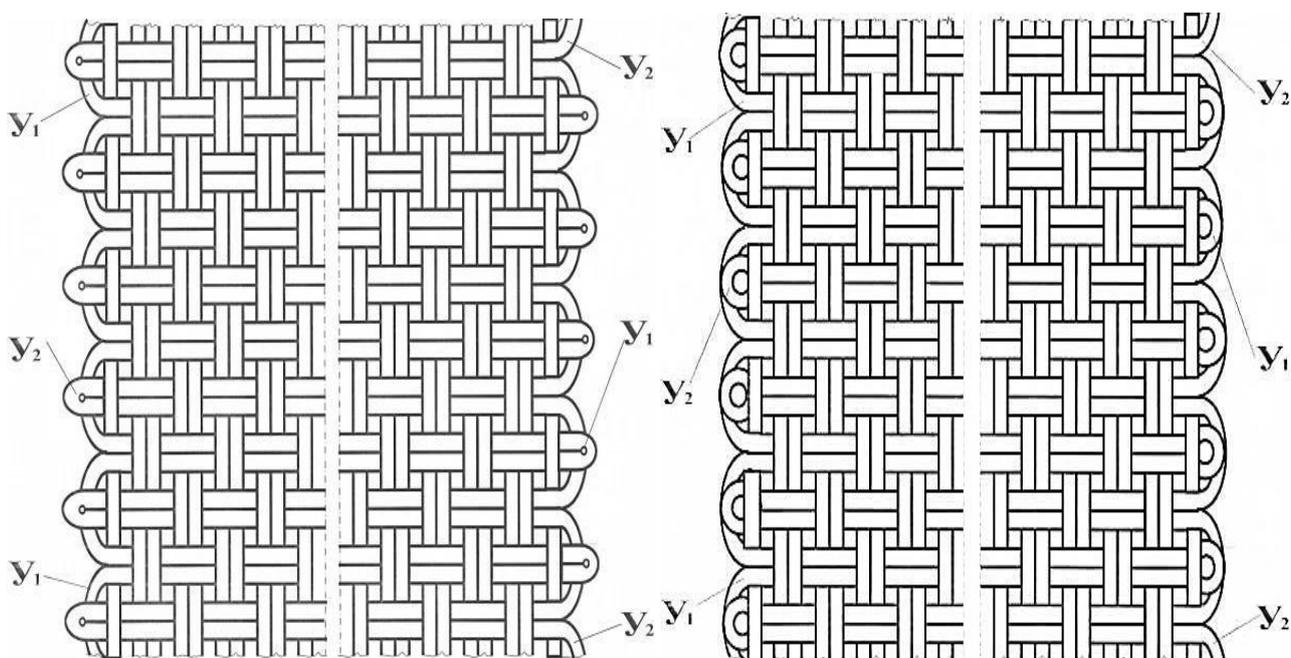


Рис. 2. Возможные схемы расположения основных и уточных нитей в кромочных зонах тканых изделий, сформированных на рапирном ткацком станке, на котором уток прокладывается, двумя рапирами движущимися в чередующемся порядке попеременно с двух сторон в виде петель из сдвоенных уточных нитей. Символами: Y_1 и Y_2 обозначены нити утка, прокладываемые с двух различных сторон полотна ткани.

Второй разработанный авторами способ рационального формирования кромок тканей на рапирном ткацком или лентоткацком станке заключается в изготовлении тканого изделия путем взаимного переплетения основных нитей, сходящих с навоя или шпуляричника, и уточных нитей, прокладываемых с неподвижных паковок двумя жесткими или гибкими рапирами, движущимися одновременно с двух сторон в виде петель из сдвоенных уточных нитей. Далее способ также предполагает кратковременную фиксацию и последующее освобождение концов уточных петель в момент прокладки встречной уточной петли на сторонах, противоположных от входа рапиры. При этом фиксация уточных петель с каждой стороны ткани осуществляется периодически программируемо выдвигаемыми в вертикальной плоскости стержнями цилиндрической формы, расположенными перпендикулярно или наклонно к полотну вырабатываемого тканого изделия и опускаемыми после прибоа каждой сдвоенной уточной нити с одновременным освобождением концов петель от стержней (см. Рис. 3.).

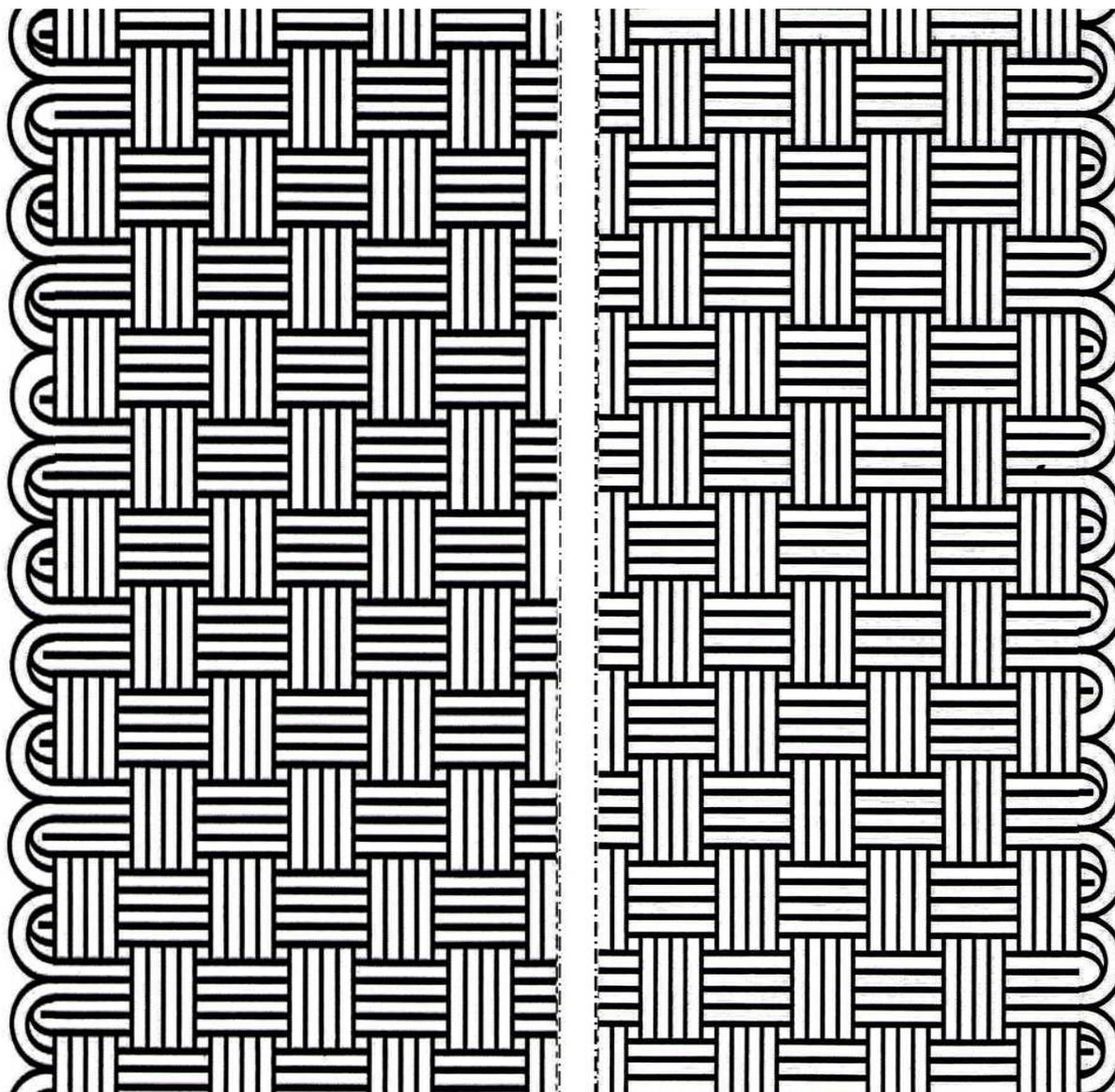


Рис. 3. Схема расположения основных и уточных нитей в кромочных зонах тканого изделия, сформированного на рапирном ткацком станке, на котором в каждом зеве уточные нити прокладываются двумя рапирами движущимися одновременно с двух сторон в виде петель из сдвоенных уточных нитей.

Оба вновь предложенных способа формирования тканых изделий и их кромок с положительным результатом опробованы на специально разработанном и изготовленном действующем макете двухрапирного ткацкого станка. Разработка, изготовление, испытание и доводка макета двухрапирного ткацкого станка проводились с участием авторов в условиях научно-экспериментальной лаборатории Ярославского научно-исследовательского института технических тканей. При этом были изготовлены лабораторные образцы одно-и двух-уточно-петельных тканых изделий шириной 60 мм.

На базе созданного макета планируется разработка и доведение до серийного выпуска в условиях одного из Российских машиностроительных предприятий двухрапирного ткацкого станка для выработки тканых изделий технического и специального назначения.

Рациональность и целесообразность практического применения новых способов

тканеформирования методом прокладывания утка петлей с двухсторон тканого полотна обусловлена нижеприводимыми преимуществами в сравнении с известными аналогичными техническими решениями.

С обеих сторон тканых полотен, формируемых новыми способами, образуются совершенно одинаковые однородные по структуре и конфигурации фиксированные кромки, подобные натуральным, что придает этим тканым изделиям более привлекательный эстетический вид. Линейная плотность прокладываемых сдвоенной петлей уточных нитей не ограничивается технологическими возможностями и конструктивными особенностями ткацкого станка и может достигать от возможного сырьевого минимума до неограниченного рационального максимума, что существенно расширяет ассортиментные возможности ткацкого станка, работающего предлагаемыми способами. Технология тканеформирования методом прокладывания утка петлей с неподвижных паковок экономически менее затратна, так как не требует дополнительного переходного процесса перемотки, а следовательно не требует приобретения и эксплуатации шпуленмоточного мотального оборудования. При этом емкость питающих уточных паковок возрастает, вдвое увеличивая длительность их срабатывания и замены.

ЛИТЕРАТУРА

1. Уточкин. М. А., Керимов С. Г., Розанов И. В. Новый способ формирования кромок тканых изделий на рапирном ткацком станке. //Научно-технический сборник XXI международного форума «Физика волокнистых материалов – структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы», «Smartex-2018». Иваново, 2018, с. 194 – 200.
2. Патент РФ № 2655911 на изобретение «Способ формирования кромок тканых изделий на рапирном ткацком станке», БИ № 16, 2018 //Уточкин М. А., Керимов С.Г., Уточкина И. В., Розанов И. В.

НОВЫЙ АССОРТИМЕНТ ТЕХНИЧЕСКИХ ТКАНЕЙ С РЕЛЬЕФНО - ВАФЕЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ

NEW RANGE OF TECHNICAL FABRICS WITH RELIEF-WAFER SURFACE

С. Г. Керимов, Л. Н. Попов
S. G. Kerimov, L. N. Popov

АО «Научно-исследовательский институт технических тканей», (г. Ярославль)
SC «Research Institute for industrial fabrics», (Yaroslavl)
E-mail: niitt@rambler.ru

Приведены описания конструкций, технические характеристики и рисунки переплетений новых структур технических тканей с рельефно-вафельной поверхностью под эластомерное покрытие.

Ключевые слова: ассортимент технических тканей, многослойные переплетения, эластомерные покрытия композитов, тканевые структуры.

The descriptions of structures, technical characteristics and drawings of interlacing of new structures of technical fabrics with relief-wafer surface for elastomeric coating are given.

Key words: assortment of technical fabrics, multilayer interweaving, elastomeric coatings of composites, fabric structures.

Одним из основных технических требований, предъявляемых к техническим тканям под полимерное покрытие, является их достаточная адгезия - прочность связи поверхности ткани с эластомерным материалом, исключающая расслоение прокладок армирующего каркаса изделий. Основная причина недостаточной степени адгезии этих тканей к эластомерным материалам обусловлена их гладкой поверхностью. В связи с этим встал вопрос использования в производстве технических изделий с эластомерным покрытием технических тканей с рельефно - вафельной поверхностью, к каковым относятся ткани вафельного переплетения, которые образуют на поверхности чередующиеся возвышения и углубления прямоугольной формы, придающие им некоторую рельефность. Выпуклые стороны прямоугольников образуются за счет длинных основных и уточных перекрытий, а вогнутые – за счет коротких основных и уточных перекрытий. Характерной особенностью вафельных переплетений является постепенное изменение длин основных и уточных перекрытий. Степень рельефности поверхности ткани зависит от линейной плотности основных и уточных нитей, плотности ткани по основе и утку и соотношения длин коротких и длинных перекрытий.

Однако ткани вафельного переплетения, широко используемые для пошива бытовых швейных изделий, неприменимы для использования в качестве армирующего силового каркаса технических изделий с эластомерным покрытием. Это обусловлено неоднородностью нитей основы в пределах раппорта переплетения и как следствие этого низкой степенью использования прочности нитей основы в ткани, составляющей менее 50 %.

В связи с этим с целью расширения и обновления ассортимента технических тканей разработаны новые виды тканей с рельефно - вафельной поверхностью, обладающей высокой степенью адгезии к эластомерным материалам и высоким (не менее 75 %) коэффициентом использования прочности исходных нитей основы.

Разработанные на уровне изобретений новые ткани под эластомерное покрытие выполнены высокоразвитой рельефной поверхностью комбинированным переплетением нитей основы и утка, полный раппорт переплетения которых состоят из чередующихся друг за

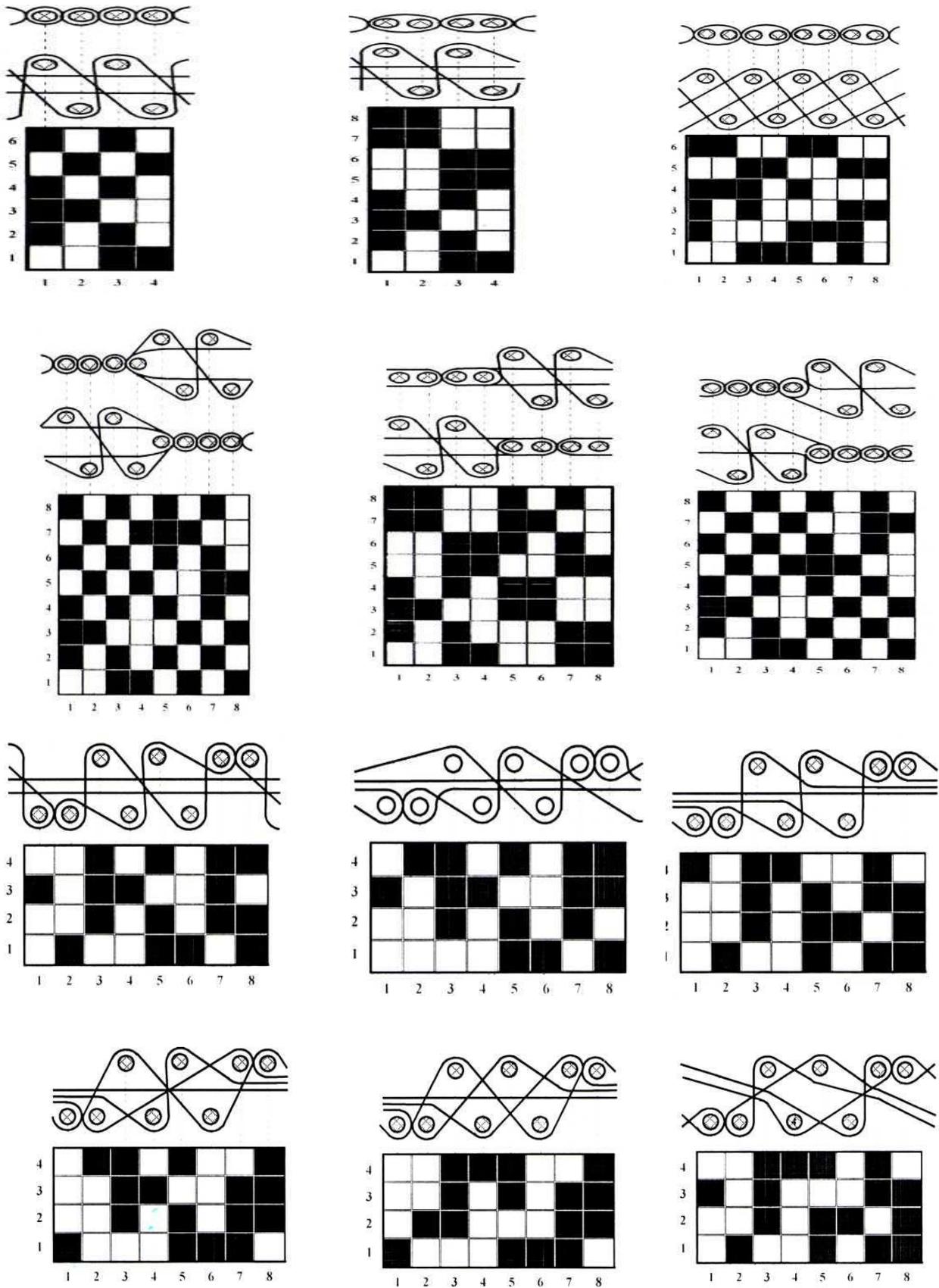


Рис. 1. Переплетения новых структур рельефно-вафельных тканей

Таблица 1.

Наименование показателей		Марка ткани с рельефно - вафельной поверхностью	
		ТПП-200- 4МР	ТП-200- 4МР
Поверхностная плотность, г/м ²		620	605
Толщина, мм		1,80	1,75
Количество нитей на 10 см	по основе	119	108
	по утку	58	52
Заполнение ткани, %	по основе	115	105
	по утку	55	50
Фаза строения участков ткани	однослойных	8,0	8,5
	двухслойных	5,0	6,0
Разрывная нагрузка полоски ткани размером 50 x 200 мм, кгс, не менее	по основе	1220	1100
	по утку	595	490
Коэффициент использования прочности исходных нитей в ткани	по основе	0,88	0,88
	по утку	0,81	0,81
Удлинение полоски ткани размером 50 x 200 мм при разрыве, %, не более	по основе	34	22
	по утку	22	24
Усадка ткани в горячем воздухе при t =150 °С и выдержке 30', %	по основе	7,5	5,0
	по утку	6,0	4,8
Адгезия ткани к эластомерному материалу, кгс/см		6,5	6,2
Вид волокна и структура нитей	основы	НПам 187 текс x 2	НПэф МА 110 текс x 4
	утка	НПам 187 текс x 2	НПэф 110 текс x 4
Вид переплетения ткани в составных раппортах	однослойного	рогожка 2/2	репс уточный 2/2
	двухслойного	двухслойное	

другом элементов двухслойного и однослойного переплетений, обуславливающих различную толщину, благодаря чему общая площадь поверхности ткани увеличивается. Полные раппорты разработанных рельефных тканей размером 4 x 6 или 8 x 6 нитей содержат по одному раппорту двухслойного переплетения и примыкающие к ним по вертикали вдоль основы по одному или по два раппорта однослойного переплетения – рогожки 2/2 или уточного уточного репса 2/2. При этом на обеих поверхностях тканей образуются чередующиеся поперечные полосы разной толщины в виде возвышенностей и углублений.

Размеры поперечных полос могут быть изменены путем увеличения числа составных раппортов двухслойных или однослойных или одновременно и двухслойных и однослойных переплетений. Все нити основы в каждом полном раппорте имеют одинаковое число длинных и коротких перекрытий. Структуры элементов двухслойных тканей с учетом слойности принадлежат $5,5 \pm 0,5$ фазе строения, а структуры однослойных тканей принадлежат $8,0 \pm 0,5$ фазе строения. Среднее заполнение ткани без учета слойности её элементов с учетом смятия нитей составляет по основе $110 \pm 5 \%$ и $55 \pm 5 \%$ по утку. С целью расширения ассортимента ряда рельефных тканей полные раппорты переплетений разработанных рельефных тканей могут иметь размеры 8 x 8 нитей и содержать по два раппорта двухслойного переплетения и по два раппорта переплетения рогожка 2/2 таким образом, чтобы одинаковые по слойности раппорты были расположены относительно друг друга в шахматном порядке с образованием на обеих поверхностях ткани одинакового рельефного рисунка в виде чередующихся возвышенностей и углублений прямоугольной формы. С целью увеличения размеров поверхностей выступов и углублений раппорты по основе или по утку или одновременно по основе и утку двухслойных и однослойных переплетений ткани могут повторяться не менее двух раз.

Эти ткани без полимерного покрытия могут быть использованы для пошива полотенец, детской одежды, постельного и нательного белья. Для предназначенных к использованию в быту рельефных тканей разработанных структур без эластомерного покрытия их полные раппорты переплетений помимо обязательных раппортов двухслойных переплетений могут содержать различное число раппортов однослойных переплетений: полотняного, саржевого, атласного и других видов.

На Рис. 1. приведены переплетения полных раппортов 12 вариантов вновь разработанных технических тканей с рельефно вафельной поверхностью с совмещенными с ними схемами расположения нитей основы и утка в сечениях вдоль нитей утка.

Разработанные новые ткани изготавливают на микрочелночных, челночных или рапирных ткацких станках, оснащенных эксцентриковыми или программируемыми кареточными зевобразовательными механизмами.

В табл. 1. приведены технические характеристики 2 видов разработанных технических тканей с рельефно вафельной поверхностью.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кутепов О. С. «Строение и проектирование тканей», - М.: Легпромбытиздат, 1988. Стр. 74-76.
2. Патент РФ № 2673765 на изобретение «Рельефная ткань под эластомерное покрытие», БИ № 34 2018 // Керимов С. Г., Целикова Н. Л.
3. Патент РФ № 2676810 «Тканый каркас конвейерной ленты с эластомерным покрытием», БИ № 18 2019 // Керимов С.Г., Попов Л. Н.

НОВЫЕ ВИДЫ МНОГОСЛОЙНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ ТКАНЕЙ ДЛЯ КОНВЕЙЕРНЫХ ЛЕНТ С ЭЛАСТОМЕРНЫМ ПОКРЫТИЕМ

NEW TYPES OF MULTILAYER TECHNICAL FABRICS FOR CONVEYOR BELTS WITH ELASTOMERIC COATING

С.Г. Керимов, Л.Н. Попов

S.G. Kerimov, L.N. Popov

АО «Научно-исследовательский институт технических тканей» (Ярославль)

SC «Research Institute for industrial fabrics» (Yaroslavl)

E-mail: niitt@rambler.ru

Приведены описания конструкций, технические характеристики и рисунки переплетений новых структур многослойных технических тканей для конвейерных лент с эластомерным покрытием.

Ключевые слова: армирующая ткань, конвейерная лента, эластомерное покрытие, многослойные тканые конструкции, наполнительный уток, раппорт без основных нитей.

Descriptions of designs, technical characteristics and patterns of weaves of new structures of multilayer technical fabrics for conveyor belts with elastomeric coating are given.

Key words: reinforcing fabric, conveyor belt, elastomeric coating, multilayer woven structures, filling weft, rapport without warp threads.

В настоящее время требования к показателям качества и безопасности работы конвейеров для транспортировки горной массы значительно ужесточены. В связи с этим основными техническими требованиями, предъявляемыми к тканым прокладкам одно – и многопрокладочных конвейерных лент с эластомерным покрытием для транспортировки горной массы являются: высокая разрывная нагрузка по основе (от 400 до 2000 кгс/см) и достаточная разрывная нагрузка по утку (не менее 50% от разрывной нагрузки нитей по основе), обеспечивающая качественную и надежную стыковку концов конвейерной ленты, исключаящую раздвижку механических стыковочных швов, достаточная (не менее 4,8 кгс/см) прочность связи поверхности каркаса с эластомерным материалом, преимущественно резиной.

Современные технические ткани, используемые в производстве конвейерных лент с эластомерным покрытием, по основным показателям свойств соответствуют целевому назначению, однако обладают существенными недостатками: недостаточной (до 4,5 кгс/см) степенью связи с эластомерным покрытием, обусловленной низко развитой рельефной опорной поверхностью, что в некоторых случаях приводит к отслоению эластомерного покрытия, обладают повышенной поперечной жесткостью, обуславливающей низкую степень лоткообразования изготовленной конвейерной ленты, что приводит к уменьшению объема перевозимого груза, а также к снижению производительности конвейера. Кроме того у этих тканей сравнительно низкая разрывная нагрузка по утку, составляющая от 28,5 до 42,0 % от разрывной нагрузки по основе, что не обеспечивает качественную и надежную стыковку концов конвейерных лент и приводит к раздвижке и разрушению механических стыковочных швов.

С целью устранения указанных недостатков тканей для конвейерных лент специалистами АО «НИИТТ» на уровне изобретения разработаны структуры новых многослойных технических тканей для армирующего каркаса одно – многопрокладочных конвейерных лент с эластомерным покрытием [1,2]. На Рис. 1. приведены переплетения этих тканей с совмещенными с ними схемами взаиморасположения нитей основы и утка в плоских сечениях вдоль нитей утка.

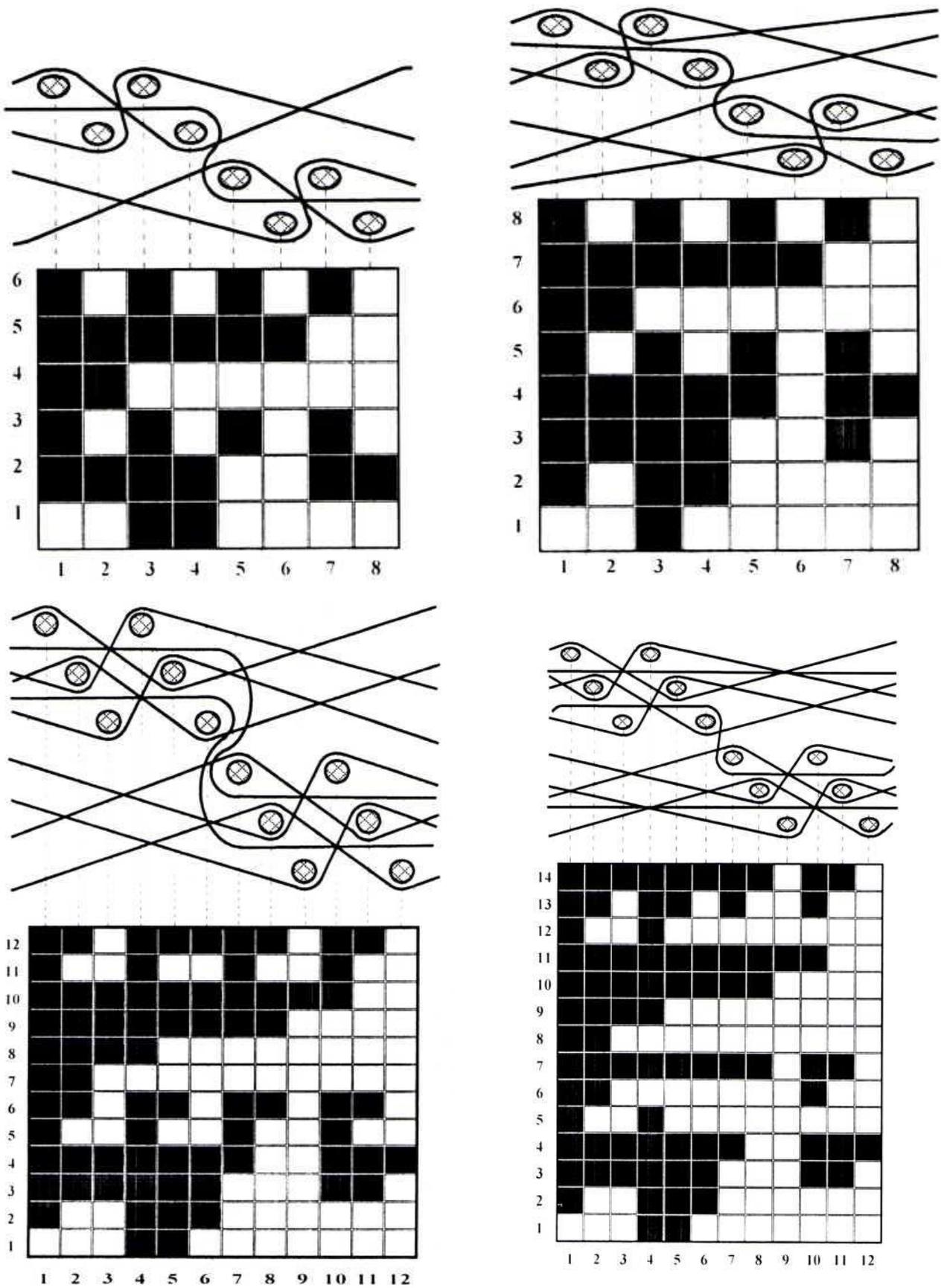


Рис. 1. Рисунки переплетений и совмещенные с ними схемы взаимного расположения нитей основы и утка в поперечных сечениях вдоль нитей утка технических многослойных тканей для конвейерных лент с эластомерным покрытием

Разработаны и доведены до серийного производства новые структуры многослойных тканей для конвейерных лент под эластомерное покрытие, обладающие:

- разрывной нагрузкой по утку, составляющей не менее 50 % от разрывной нагрузки по основе для обеспечения качественной и надежной стыковки концов конвейерной ленты и исключения раздвижки механических стыковочных швов;

- оптимально-развитой рельефной поверхностью, обеспечивающей высокую изготовленным на её базе конвейерным лентам высокую (не менее 5,0 кгс/см) величину адгезии к эластомерному покрытию, преимущественно к резине, исключая случаи расслоения лент;

- низкой поперечной жесткостью, придающей конвейерной ленте оптимальную степень лоткообразования.

Конструктивно разработанные новые структуры тканей для конвейерных лент с эластомерным покрытием содержат по две одинаковые параллельно расположенные одна над другой двухслойные фоновые тканые конструкции, соединенные между собой нитями наполнительного утка, переходящими из верхней тканой конструкции в нижнюю.

Полные раппорты переплетений каждой составной тканой конструкции состоят из двух раппортов базового двухслойного переплетения и примыкающего к нему справа или слева «пустого» раппорта без основных нитей, состоящего только из уточных нитей. Базовые раппорты тканых конструкций верхнего и нижнего уровней сдвинуты относительно друг друга по горизонтали на величину раппорта по основе, образуя на обеих поверхностях тканой прокладки выступающие продольные полосы, чередующиеся с углубленными продольными канавками. В местах расположения выступов на одной стороне полотна на другой стороне располагаются впадины и наоборот.

Расположение в двух уровнях тканых элементов базового переплетения, вдвое повышает плотность тканой прокладки по утку и тем самым обеспечивает возможность достижения разрывной нагрузки по утку, равной более 50 % от разрывной нагрузки по основе. Наличие на обеих поверхностях тканого каркаса чередующихся выступающих полос и канавчатых углублений из «пустых» раппортов обуславливает повышение адгезии поверхности каркаса к эластомерному покрытию конвейерной ленты и одновременно с этим оптимизирует степень её лоткообразования. Соединяемые тканые конструкции располагаются пораппортно, при этом каждая соединяемая конструкция может содержать в себе от 1 до 4 полных раппортов базового переплетения по основе.

Комплексные лабораторные, производственные и эксплуатационные испытания вновь разработанных многослойных тканей комбинированного переплетения показали, что они,

в сравнении с известными аналогами, имеют разрывную нагрузку по утку более 50 % от разрывной нагрузки по основе, что обеспечит качественную и надежную стыковку концов конвейерной ленты, исключая раздвижку и последующее разрушение стыковочных швов. Кроме того конструкции вновь разработанных тканей обеспечивают более высокую прочность связи с покрытием, в частности с резиной 5,5 - 7,2 кгс/см, против 4,6 кгс/см у аналогов, обеспечивают оптимальное лоткообразование конвейерных лент, изготовленных с их использованием, а по всем остальным показателям полностью соответствуют требованиям, предъявляемым к армирующим тканым каркасам конвейерных лент.

ЛИТЕРАТУРА

1. Патент РФ № 2673765 на изобретение «Тканая прокладка конвейерной ленты с эластомерным покрытием», БИ № 15, 2018 // Керимов С.Г., Шелкошвейн П. А., Фомичев Н. М.
2. Патент РФ № 2676810 «Тканый каркас конвейерной ленты с эластомерным покрытием», БИ № 18 2019 // Керимов С.Г., Попов Л. Н.

АНАЛИТИКО-ЭМПИРИЧЕСКИЙ МЕТОД ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТКАНЫХ ИЗДЕЛИЙ ПО ЗАДАННОЙ ФАЗЕ СТРОЕНИЯ

ANALYTICAL - EMPIRICAL METHOD OF PREPARATION OF WOVEN PRODUCTS ON THE GIVEN PHASE OF THE STRUCTURE

С.Г. Керимов
S.G. Kerimov

АО «Научно-исследовательский институт технических тканей», (г. Ярославль)
SC "Research Institute of Technical Fabrics", (Yaroslavl)
E-mail: niitt@rambler.ru

Предложен новый метод расчета технологических плотностей проектируемых тканых изделий по заданной фазе строения по формулам, полученным путем предварительного построения по аналитическим уравнениям графиков пофазного изменения параметров строения тканых изделий с последующей их аппроксимацией и нахождения определяющих коэффициентов. Приведены примеры практических расчетов структур тканых изделий предложенным методом.

Ключевые слова: тканые изделия, фаза строения, расчетный диаметр нити, технологическая плотность, линейное заполнение.

A new empirical method is proposed for determining the technological densities of the designed woven products according to a given phase of the structure using formulas, obtained by pre-constructing analytical equations of graphs of phase changes in the parameters of the structure of woven products with their subsequent approximation and finding the determining factors. Examples of practical calculations of the structures of woven products by the proposed method are given.

Keywords: woven products, phase of the structure, calculated diameter of the thread, process density, linear filling.

Тканые изделия (ткани и тканые ленты) характеризуются комплексом различных структурно-геометрических, физико-механических, эксплуатационных и других показателей. Классификация и оценка структур тканых изделий в зависимости от применяемых критериев оценки может производиться по одному или нескольким обобщенным показателям. Основным структурным показателем, определяющим взаиморасположение нитей основы и утка в тканых изделиях является величина их взаимоизгибов, которую принято называть порядком фазы строения. Принадлежность структуры тканого изделия к той или иной фазе строения определяется соотношением взаимоизгибов нитей основы и утка.

Теория фаз является удачной концепцией систематизации и классификации тканых изделий по основным геометрическим признакам строения. Классификация взаимоизгибов нитей, определяющих количественные соотношения основных геометрических элементов тканей, позволяет производить проектирование и анализ структур этих изделий по заданным параметрам строения с учетом порядка фазы строения [1, 2].

Проектирование тканых изделий по заданной фазе строения сводится в основном к определению технологических плотностей по основе и утку, которые предопределяются линейными заполнениями:

$$P_o = Z_o / d_o ; \quad P_y = Z_y / d_y, \quad (1)$$

где: P_o, P_y – технологические плотности нитей основы и утка тканого изделия, н/дм;
 Z_o, Z_y – линейное заполнение тканого изделия по основе и утку, % ; d_o, d_y – расчетный диаметр нитей основы и утка, мм. Величины линейных заполнений тканых изделий, структуры которых принадлежат 1, 5 и 9 фазам строения, могут быть рассчитаны по

аналитическим формулам, полученным автором ранее [3]:

$$Z_{o1} = \frac{100 K_d}{\sqrt{(K_d + 1)^2 - [(K_d + 1) - \sqrt{(K_d + 1)^2 - 1}]^2}}; \quad Z_{y1} = 100 (\%); \quad (2)$$

$$Z_{o5} = \frac{100 K_d}{\sqrt{(K_d + 1)^2 - 1}}; \quad Z_{y5} = \frac{100}{\sqrt{(K_d + 1)^2 - K_d^2}}; \quad (3)$$

$$Z_{o9} = 100 (\%); \quad Z_{y9} = \frac{100}{\sqrt{(K_d + 1)^2 - [(K_d + 1) - \sqrt{(K_d + 1)^2 - K_d^2}]^2}}; \quad (4)$$

где: $Z_{o1}, Z_{o5}, Z_{o9}, Z_{y1}, Z_{y5}, Z_{y9}$ – линейные заполнения по основе и утку тканого изделия, структура которого принадлежит 1, 5 и 9 фазам строения, %; K_d – отношение диаметров нитей основы и утка:

$$d_o / d_y = K_d; \quad d_o = d_y K_d; \quad d_y = d_o / K_d; \quad d_o + d_y = d_y (1 + K_d). \quad (5)$$

где: $Z_{o1}, Z_{o5}, Z_{o9}, Z_{y1}, Z_{y5}, Z_{y9}$ – линейные заполнения по основе и утку тканого изделия, структура которого принадлежит 1, 5 и 9 фазам строения, %; K_d – отношение диаметров нитей основы и утка:

$$d_o / d_y = K_d; \quad d_o = d_y K_d; \quad d_y = d_o / K_d; \quad d_o + d_y = d_y (1 + K_d). \quad (5)$$

Задаваясь значениями отношений диаметров нитей – K_d в пределах от 0, 5 до 2,5 с интервалом 0,1 и подставляя эти значения в уравнения (2), (3), (4) находим значения $Z_{o1}, Z_{o5}, Z_{o9}, Z_{y1}, Z_{y5}, Z_{y9}$ наносим их на графики, как точки координат и, соединив между собой одноименные точки, соответствующие 1, 5 и 9 фазам строения, получим графики пофазного изменения линейных заполнений тканых изделий при различных значениях отношений диаметров нитей основы и утка. Далее принимаем, что графики пофазного изменения линейных заполнений тканых изделий описывают дуги некоторых кривых второго порядка – парабол, проходящих через три известные фиксированные точки, координаты которых соответствуют этим параметрам в 1, 5, и 9 фазах строения. Уравнения парабол в общем виде имеют вид:

$$K_i = A_i n^2 + B_i n + C_i,$$

где: K_i – ордината (значение соответствующего параметра строения тканого изделия); A_i, B_i, C_i – коэффициенты данной параболы; n – порядок фазы строения тканого изделия.

Частные уравнения парабол, соответствующей координатам 1, 5 и 9 фаз образуют систему из трех уравнений с тремя неизвестными:

$$\left. \begin{array}{l} \text{при } n = 1; \quad K_1 = A + B + C; \\ \text{при } n = 5; \quad K_5 = 25A + 5B + C; \\ \text{при } n = 9; \quad K_9 = 81A + 9B + C, \end{array} \right\}$$

где: K_1, K_5, K_9 – значения соответствующих параметра в 1, 5, и 9 фазах строения (ординаты фиксированных точек парабол); A, B, C – константы данной параболы.

Решив эту систему в общем виде и подставив соответствующие обозначения, получим частные уравнения парабол, соответствующей координатам 1, 5 и 9 фаз:

$$A = [(K_9 - K_5) - (K_5 - K_1)]/32;$$

$$B = [7(K_5 - K_1) - 3(K_9 - K_5)]/16;$$

$$C = K_1 + [5(K_9 - K_5) - 13(K_5 - K_1)]/32;$$

$$\underline{Z_o = A_{zo} n^2 + B_{zo} n + C_{zo};} \quad (6)$$

$$A_{zo} = [(Z_{o9} - Z_{o5}) - (Z_{o5} - Z_{o1})]/32; \quad (7)$$

$$B_{zo} = [7(Z_{o5} - Z_{o1}) - 3(K_{zo9} - K_{zo5})]/16; \quad (8)$$

$$C_{zo} = Z_{o1} + [5(Z_{o9} - Z_{o5}) - 13(Z_{o5} - Z_{o1})]/32; \quad (9)$$

$$\underline{Z_y = A_{zy} n^2 + B_{zy} n + C_{zy};} \quad (10)$$

$$A_{zy} = [(Z_{y9} - Z_{y5}) - (Z_{y5} - Z_{y1})]/32; \quad (11)$$

$$B_{zy} = [7(Z_{y5} - Z_{y1}) - 3(Z_{y9} - Z_{y5})]/16; \quad (12)$$

$$C_{zy} = Z_{y1} + [5(Z_{y9} - Z_{y5}) - 13(Z_{y5} - Z_{y1})]/32. \quad (13)$$

Полученные таким образом аналитические формулы (6...13) позволяют проводить проектирование структур тканых изделий по заданной фазе строения. При этом степень соответствия расчетных данных, получаемым практически составляет не менее 99%.

Однако, несмотря на высокую степень достоверности расчетов аналитический метод для практического применения оказался сложен и громоздок.

Поэтому для практических расчетов автором разработан аналитико - эмпирический метод проектирования тканых изделий по заданной фазе строения (см. табл. 1).

Формулы для расчета технологических плотностей проектируемых тканых изделий, принадлежащих заданной фазе строения получены путем предварительного расчета по аналитическим формулам (3,4,5) точек координат графиков, пофазного изменения линейных заполнений при различных соотношениях диаметров нитей основы и утка и последующей аппроксимацией кривых, описывающих эти зависимости на соответствующих графиках [4].

Эмпирические формулы для определения линейных заполнений тканых изделий при их проектировании по заданной фазе строения

Расчетная технологическая плотность тканого изделия при заданной фазе строения, н/дм	по основе	$\Pi_o = [A_{zo} n^2 + B_{zo} n + C_{zo}] / d_o ; \quad (14)$ $A_{zo} = 0,1428K_d^2 - 0,7712K_d + 1,7458; \quad (15)$ $B_{zo} = -0,591K_d^2 + 2,6961K_d - 7,0457 ; \quad (16)$ $C_{zo} = -6,9852K_d^2 + 38,2024K_d + 22,0061. \quad (17)$ <p>Для тканых изделий из однородных нитей основы и утка (при $K_d = 1$):</p> $Z_o = 1,1174n^2 - 4,9406n + 53,2233; \quad (18)$ $\Pi_o = [1,1174n^2 - 4,9406n + 53,2233] / d_o. \quad (19)$
	по утку	$\Pi_y = [A_{zy} n^2 + B_{zy} n + C_{zy}] / d_y ; \quad (20)$ $A_{zy} = -0,1281K_d^2 + 0,7339K_d + 0,4670; \quad (21)$ $B_{zy} = 2,2411K_d^2 - 12,4602K_d - 6,5666; \quad (22)$ $C_{zy} = -2,1129K_d^2 + 11,726K_d + 106,1; \quad (23)$ <p>Для тканых изделий из однородных нитей в основы и утка (при $K_d = 1$):</p> $Z_y = 1,0728 n^2 - 16,7857 n + 115,7131 ; \quad (24)$ $\Pi_y = [1,0728 n^2 - 16,7857 n + 115,7131] / d_y. \quad (25)$

С целью подтверждения целесообразности применения предлагаемого метода и определения степени достоверности эмпирических формул для расчета технологических плотностей проектируемых тканей по заданной фазе строения автором был проведен поверочный расчет трех серийно вырабатываемых технических тканей, параметры строения которых были заведомо известны. Результаты указанного поверочного расчета приведены в табл. 2.

В таблице 2 цифры расположенные рядом условными обозначениями и помещенные в скобки указывают на номер расчетной формулы, по которой рассчитывался данный параметр.

Таблица 2

Наименование параметров строения тканей		Условное обозначение параметра	Марка технической ткани		
			«Тентовая»	ТКБ для конвейерных лент	ТПК-300 для элеваторных ремней
ЗВид сырья и структура нити:	основы	T_o	НПэф 27,7 текс х 4	НПам 93,5 текс	НПэф 111 текс х 6
	утка	T_y	НПэф 27,7 текс х 4	НПам 93,5 текс х 3	НПам 187 текс х 2
Расчетный диаметр нити, мм	основы	d_o	0,449370	0,458667	1,1050
	утка	d_y	0,449370	0,794430	0,9285
Отношение диаметров нитей основы и утка		K_d	1,00	0,58	1,203
Число нитей на 10 см по	основе	$P_{oф}$	96 ± 2	95 ± 2	100 ± 2
	утку	$P_{yф}$	92 ± 2	72 ± 2	45 ± 2
Линейное заполнение ткани, %, по	основе	Z_o	43,14	43,57	91,85
	утку	Z_y	41,34	57,20	54,14
Отношение линейных заполнений по основе и утку		K_z	1,035	0,762	1,697
Порядок фазы строения ткни		$n (26\div 30)$	5,128	5,375	7,350
Коэффициенты к эмпирическим формулам для расчета технологических плотностей тканей при заданной фазе строения	по основе	$A_{z_o} (15)$	1,0933	1,3392	1,0114
		$B_{z_o} (16)$	- 4,7396	- 5,6022	- 4,4807
		$C_{z_o} (17)$	54,1012	41,9449	58,4037
	по утку	$A_{z_y} (21)$	1,0933	0,8551	1,1760
		$B_{z_y} (22)$	- 17,1259	- 13,1203	- 18,5100
		$C_{z_y} (23)$	116,0326	112,2652	117,3340

Технологическая плотность ткани по результатам поверочного	основы	P_{op} (14)	98,9	97,4	103,2
	утка	P_{yp} (20)	94,7	75,1	46,5
Степень достоверности поверочных расчетов по эмпирическим формулам, %			97,0	97,5	96,5
Условные обозначения сырьевого состава нитей основы и утка: Пр. х/бум. – пряжа хлопчатобумажная; НПэф – нить полиэфирная (лавсановая); НПам – нить полиамидная (капроновая).					

Результаты поверочного расчета, приведенные в табл. 2, показывают, что предлагаемый аналитическо-эмпирический метод проектирования тканей по заданной фазе строения обеспечивает высокую до 97 % степень достоверности.

При проектировании структур тканых изделий по заданной фазе строения порядок фазы изначально задан. При анализе структур тканых изделий порядок фазы можно определять по аналитико-эмпирическим формулам (26, 27, 28, 29,30), полученным автором путем предварительного расчета по аналитическим формулам точек координат графиков, пофазного изменения отношений заполнений при различных соотношениях диаметров нитей основы и утка и последующей аппроксимации кривых описывающих эти зависимости на соответствующих графиках:

$$n = A_n + \sqrt{B_n + C_n K_z}, \quad (26)$$

где: n – порядок фазы строения тканого изделия; K_z – отношение линейных заполнений тканого изделия по основе и утку; A_n, B_n, C_n – эмпирические коэффициенты, полученные путем аппроксимирования:

$$A_n = 0,0101 K_d^2 - 4,6259 K_d + 3,3985 \quad (27)$$

$$B_n = 26,3969 K_d^2 - 56,5089 K_d + 2,0396 \quad (28)$$

$$C_n = -6,3576 K_d^2 + 31,3248 K_d + 41,1771. \quad (29)$$

Для тканых изделий из однородных нитей основы и утка (при $K_d = 1$):

$$n_{\phi} = -1, 2173 + \sqrt{66,1443 K_z - 28, 1724}. \quad (30)$$

По эмпирическим формулам (26 - 30) можно с очень высокой степенью достоверности расчетным путем определять порядок фазы строения тканей по их заправочным параметрам, что ранее было невозможно сделать.

ЛИТЕРАТУРА

- Новиков Н. Г. О строении и проектировании ткани с помощью геометрического метода. «Текстильная промышленность», 1946, № 2, с. 9 - 17; № 4. с. 8—14; № 5, с. 18 - 24; № 6. с. 18 - 24; М., 11 - 12, с. 17 - 25.
- Керимов С. Г., Ефремов Е. Д. К вопросу теории фазового строения тканых изделий. Ж// Известия ВУЗов. Технология текстильной промышленности, 1978, № 6, с. 49-54.
- Керимов С. Г. Аналитический метод проектирования и анализа структур тканей с учетом

порядка фазы их строения. Ж// Известия ВУЗов. Технология текстильной промышленности, 2010, № 8, с. 34 - 40.

4. Гусак А. А. Элементы методов вычислений. БГУ, Минск. 1974. с. 145 – 162.

ПОЛУЧЕНИЕ, СТРУКТУРА И СВОЙСТВА ВОЛОКНИСТЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ С РЕГУЛИРУЕМЫМ КОМПЛЕКСОМ СВОЙСТВ

OBTAINING, STRUCTURE AND PROPERTIES OF COMPOSITE FIBERS WITH SET OF REGULATED PROPERTIES

О.А. Москалюк¹, Е.С. Цобкалло¹, В.Е. Юдин²
O.A. Moskalyuk¹, E.S. Tsobkallo¹, V.E. Yudin²

¹Санкт-Петербургский государственный университет
промышленных технологий и дизайна

²Институт высокомолекулярных соединений Российской академии наук, (Санкт-Петербург)

¹Saint-Petersburg State University of Industrial Technologies and Design

²Institute of macromolecular compounds Russian academy of sciences, (Saint-Petersburg)

E-mail: olga-moskalyuk@mail.ru, tsobkallo@mail.ru, yudin@hq.macro.ru

По расплавной технологии получены волокнистые полимерные композиционные материалы на основе полипропиленовой матрицы и наполнителей различной формы. Изучено влияние вводимых частиц на структуру и механические свойства образцов. Показано, что при введении наполнителей различного типа существует оптимальная их концентрация, определяющаяся типом и формой дисперсных частиц, которая позволяет придавать волокнистым композиционным материалам комплекс свойств, в частности необходимый уровень электропроводности и повышение прочности и жесткости.

Ключевые слова: волокна, композиты, получение, структура, свойства, регулирование

Polymer composite fibers based on polypropylene matrix and fillers of various shapes were obtained by melt technology. The effect of introduced fillers on the structure and mechanical properties of the samples was studied. It has been shown that when various types of fillers are introduced, their optimum concentration is determined by the type and shape of the dispersed particles, which makes it possible to impart a set of properties to composite fibers, in particular, the required level of electrical conductivity and increased strength and stiffness.

Keywords: fibers, composites, production, structure, properties, regulation

Одним из перспективных направлений создания «умного» текстиля является получение волокон и нитей из полимерных композиционных материалов (ПКМ). Подбором соответствующих наполнителей можно регулировать тепло- и электропроводность, теплостойкость, химическую стойкость, трибологические и другие характеристики ПКМ [1, 2]. Специальные свойства ПКМ определяются рядом факторов, а именно: химическим составом и физическими свойствами матрицы и наполнителя, формой, размером частиц, концентрацией наполнителя, геометрией и технологией изготовления образцов.

С другой стороны введение тех или иных дисперсных наполнителей влияет на комплекс механических характеристик ПКМ. Исходя из общепринятого подхода зависимости прочностных характеристик от концентрации дефектов в структуре материала, наличие дисперсных наполнителей должно приводить к снижению прочности. Значение жёсткости наполненных материалов может изменяться в ту или иную сторону в зависимости от типа вводимого наполнителя. Однако в случае формирования высокоориентированной структуры ПКМ (волокон, нитей из ПКМ) вводимые дисперсные частицы могут повлиять непосредственно на процесс ориентационного вытягивания, который сопровождается изменением надмолекулярной структуры полимерной матрицы и ее переходом к фибриллярной структуре, состоящей из чередующихся кристаллических (упорядоченных) и аморфных (неупорядоченных) областей [3, 4]. Введение же функциональных добавок может, как способствовать формированию более совершенной структуры полимерной матрицы, так и препятствовать протеканию процессов ориентации.

Целью данной работы было получение по расплавной технологии волокнистых полимерных композиционных материалов на основе полипропиленовой матрицы и электропроводящих наполнителей различной формы, изучение влияния вводимых частиц на структуру и физико-механические свойства волокнистых композитов.

В качестве матрицы для исследуемых в данной работе волокнистых композиционных материалов (ВКМ) использовался термопластичный полимер: полипропилен (ПП) марки Бален 01270 производства ОАО «Уфаоргсинтез» г. Уфа. В качестве наполнителей в данной работе использовались электропроводящие дисперсные частицы сферической формы - технический углерод (ТУ) марки П-805Э и анизотропные частицы - углеродные нановолокна (УНВ) марки VGCF-H. Доля наполнителей составляла $K=0, 1, 3, 5, 6, 10, 20, 30$ и 40% от массы полимера. Характеристики наполнителей представлены в таблице 1.

Таблица 1

Характеристики электропроводящих углеродных наполнителей

№	Наименование показателя, единицы измерения	ТУ	УНВ
1	Размеры наночастицы	$D=80$ нм	$L=5$ мкм, $D=150$ нм
2	Осевое отношение, отн. ед.	~ 1	~ 30
3	Плотность, г/см ³	1,2-1,8	2
4	Уд. электрическое сопротивление, Ом·м	$1,3 \cdot 10^{-3}$	10^{-4}
5	Модуль жесткости, ГПа	15	500

Изготовление ВКМ производилось по расплавной технологии с использованием двухшнекового микрокомпаундера DSM Xplore 5ml Microcompounder и последующей предельной высокотемпературной ориентационной вытяжкой в 8 раз ($\lambda = 8$). Технологические режимы получения образцов представлены в табл.2. Диаметр исследуемых ориентированных ВКМ составлял 150-200 мкм.

Таблица 2

Технологические режимы получения лабораторных образцов волокнистых ПКМ

Образец	Температура смещения в экструдере, °С	Скорость вращения шнеков, мин ⁻¹	Время смещения, мин	Температура ориентационного вытягивания, °С
ПП+ТУ	200±5	75	5	150±5
ПП+УНВ	200±5	75	5	150±5

Измерение удельного электрического сопротивления (ρ) проводилось двухконтактным методом с записью вольт-амперных характеристик (ВАХ) с использованием пикоамперметра Keithley 6487 и программируемого источника питания АКПП-1124 на постоянном токе при комнатной температуре.

Определение деформационно-прочностных свойств ВКМ проводилось на универсальной испытательной установке Instron 1122. Скорость растяжения образцов составляла 10 мм/мин, базовая длина образцов 30 мм. На основе диаграмм растяжения были определены основные механические характеристики исследуемых ВКМ: начальный модуль жесткости (E_0 , ГПа), прочность (σ_p , МПа) и относительное разрывное удлинение (ϵ_p , %).

Изучение надмолекулярной структуры ВКМ проводилось методами сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) с использованием «Supra-55» фирмы «Carl Zeiss» (Германия).

На рис. 1 представлены зависимости удельного электрического сопротивления от типа и концентрации углеродных наночастиц. Как видно из рис. 1 зависимость удельного электрического сопротивления ρ от массовой доли углеродных наполнителей имеет пороговый характер, т.е. при увеличении концентрации наполнителя наблюдается резкое (на несколько десятичных порядков) снижение удельного электрического сопротивления. Так при массовой доле КТУ = 30 % удельное сопротивление ВКМ падает до $\rho \sim 10^4$ Ом·м. При увеличении концентрации ТУ до 40 % значения ρ остаются на том же уровне. При концентрациях технического углерода КТУ ~ 10 -25% материал ПП-ТУ обладает антистатическими свойствами [5]. В ВКМ с анизотропным наполнителем – углеродными нановолокнами, порог протекания лежит в диапазоне 1-3%, что существенно ниже, чем у волокнистых композиционных материалов ПП-ТУ. При концентрациях углеродных нановолокон КУНВ до 3% материал ПП-УНВ обладает антистатическими свойствами, при более высоких концентрациях наполнителя приближается к материалу со средней проводимостью [5].

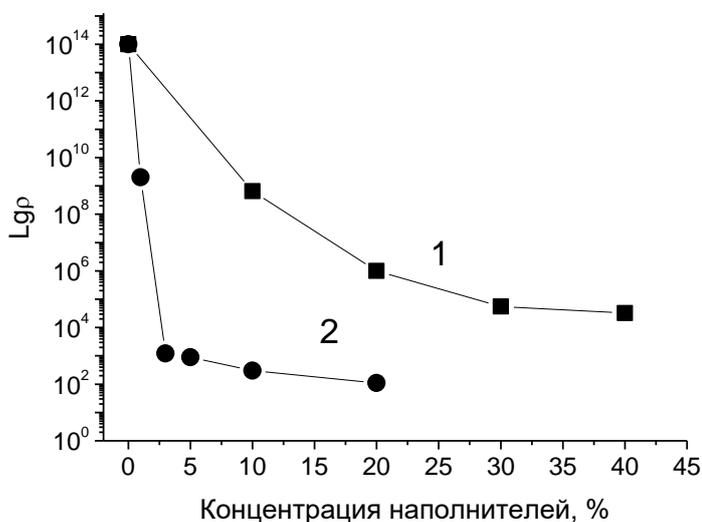


Рис. 1 Зависимость удельного электрического сопротивления волокнистых композиционных материалов на основе ПП матрицы в зависимости от типа и содержания углеродных наполнителей: 1 – композитный материал ПП-ТУ; 2 – композитный материал ПП-УНВ

Полученное различие значений пороговых концентраций наполнителя для композитов ПП-УНВ и ПП-ТУ может объясняться несколькими причинами. Во-первых, собственное удельное электрическое сопротивление УНВ (10^{-4} Ом·м) ниже, чем ТУ ($1,3 \cdot 10^{-3}$ Ом·м). Во-вторых, при получении образцов расплавленным методом анизотропные частицы УНВ могут располагаться в структуре материала в направлении течения расплава [6], т.е. вдоль оси волокна (рис. 2).

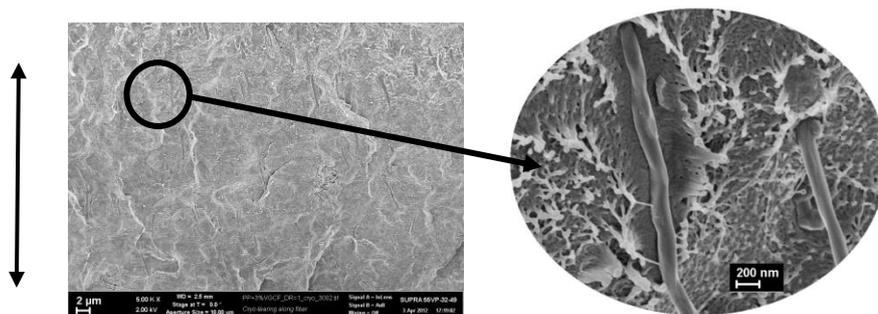


Рис. 2 Микрофотография продольного крио-скола ВКМ, содержащего 3% УНВ. Направление экструзии показано стрелкой.

На рис.3 и в табл. 3 представлено сравнение деформационно-прочностных характеристик ВКМ в зависимости от типа и концентрации углеродных электропроводящих наполнителей.

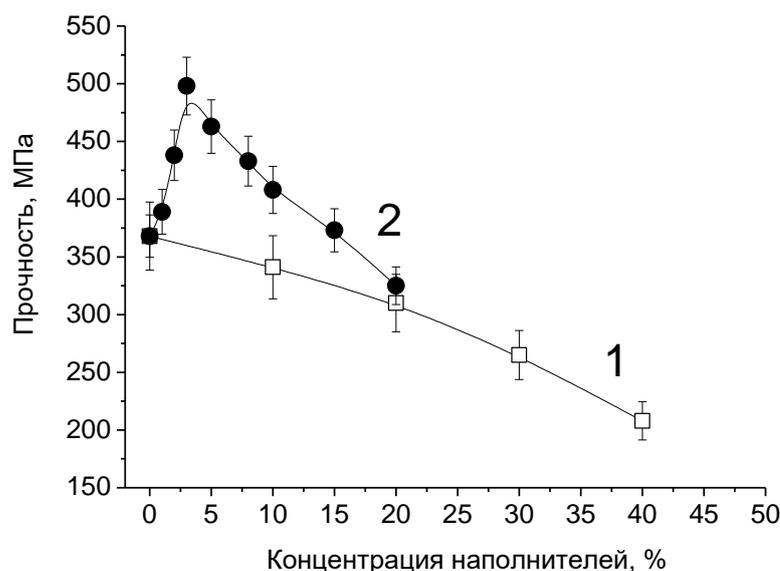


Рис. 3 Зависимость прочности волоконистых композиционных материалов на основе ПП матрицы в зависимости от типа и содержания углеродных наполнителей:
1 – композитный материал ПП-ТУ; 2 – композитный материал ПП-УНВ

Сравнение зависимостей прочности ВКМ от формы и концентрации наполнителей (рис.3) позволяет отметить, что введение дисперсных углеродных частиц приводит как к увеличению, так и к уменьшению прочности материалов, что согласуется с ранее отмеченными представлениями о влиянии функциональных добавок на прочностные характеристики полимерных матриц. Как видно из рис. 3 по мере увеличения концентрации ТУ наблюдается постепенное снижение прочности ВКМ. Для ненаполненного полипропилена $\sigma_p=368$ МПа, а для волокон, содержащих 40 мас.% ТУ прочность снижается до значений 208 МПа. Это, во-первых, объясняется дефектностью полимера, создаваемой сферическими частицами технического углерода (рис. 4), во-вторых – уменьшением равномерности распределения по длине проходящих аморфных областей в ориентированной структуре ПП [7]. По тем же причинам происходит и последовательное снижение разрывного удлинения (табл. 3) ВКМ с 53% для чистого ПП до 23% для волокон, наполненных 40 мас.% ТУ.

Таблица 3

Значения модулей жесткости и удлинения при разрыве ВКМ на основе ПП матрицы

Образец	Начальный модуль жесткости, ГПа	Относительное разрывное удлинение, %
ПП	3.0±0.3	53±2
ПП+10%ТУ	3.0±0.3	40±3
ПП+20%ТУ	3.4±0.4	35±3
ПП+30%ТУ	3.5±0.3	28±3
ПП+40%ТУ	3.2±0.3	18±2
ПП+1%УНВ	3.4±0.3	42±2
ПП+2%УНВ	3.6±0.3	38±5
ПП+3%УНВ	4.4±0.4	23±2
ПП+5%УНВ	4.2±0.4	23±4
ПП+10%УНВ	4.1±0.1	24±3

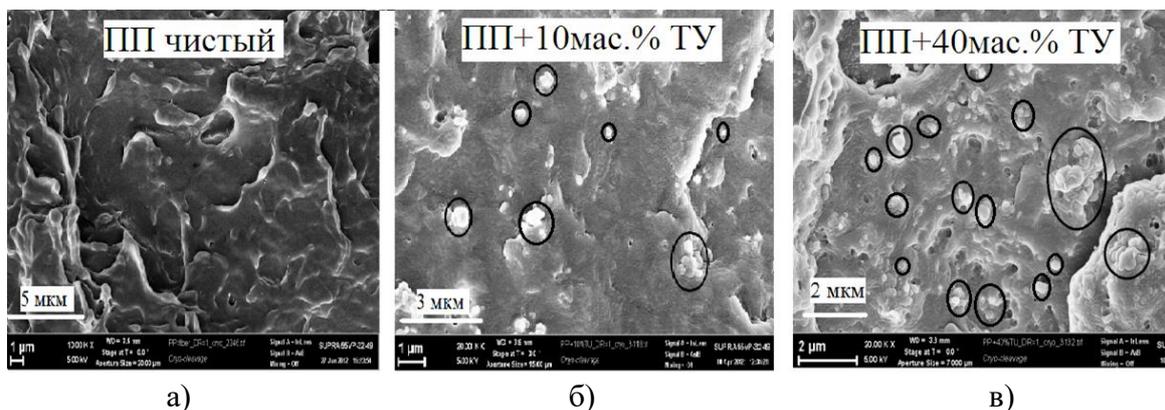


Рис. 4 Микрофотографии крио-сколов ВКМ на основе полипропилена, содержащего: 0% ТУ (а); 10 мас.% ТУ (б) и 40 мас.% (в).

Как видно из рис.3, в отличие от частиц ТУ введение в ПП анизотропных частиц с высоким осевым отношением (УНВ) сопровождается ростом прочности ВКМ примерно на 35% в области малых концентраций нановолокон (до 5мас.%). Такой рост прочности ВКМ в результате малых добавок анизотропных наночастиц можно объяснить следующими причинами. Во-первых, содержание этих наполнителей в ПП мало, чтобы осложнить подвижность полимерных цепочек в процессе ориентационного вытягивания. Во-вторых, сами анизотропные частицы при экструзии композита через круглую фильеру ориентируются вдоль оси волокна, тем самым они достаточно свободно перемещаются в направлении вытяжки ПП матрицы (рис.2). Дальнейшее увеличение концентрации углеродных наночастиц приводит к снижению прочности ВКМ, что объясняется накоплением дефектов в ПП и как следствие падением ориентированности надмолекулярной структуры ПП. Все это неизбежно приводит к снижению прочности ориентированных образцов, как это показано и в работах [8].

Относительное разрывное удлинение (табл.3) ВКМ снижается с введением анизотропных наночастиц, но остается на уровне достаточным для использования данных композитов в качестве нитей для производства текстильных изделий. Так, при введении 3% и 20% УНВ ϵ_p снижается до $\sim 20\%$ по сравнению с чистым полипропиленом ($\epsilon_p=53\%$). Сохранение значений деформации при разрыве на прежнем уровне при увеличении концентраций наполнителя объясняется недостаточной ориентацией макромолекул полипропилена при его ориентационной вытяжке в 8 раз [9]. Тем самым, в процессе растяжения завершаются ориентационные процессы в ПП матрице.

Выводы:

- по расплавной технологии были получены волокнистые полимерные композиционные материалы с ориентационной вытяжкой в 8 раз, содержащие различные концентрации электропроводящих углеродных частиц анизотропной и сферической формы.

- исследованы зависимости электрического сопротивления ВКМ от типа и концентрации углеродных наполнителей. Показано, что зависимость электрического сопротивления от концентрации наполнителя носит перколяционный характер. При этом порог протекания электрического тока с увеличением осевого отношения частиц наполнителя сдвигается в сторону меньших концентраций.

- на основе диаграмм растяжения исследовано изменение деформационно-прочностных свойств ВКМ в зависимости от типа и концентрации углеродных наночастиц. Показано, что при введении сферических частиц ТУ в ПП матрицу снижаются прочностные свойства ориентированных композитов. При введении анизотропных частиц (нановолокна) в области малых концентраций (1-5 мас.%) наблюдается повышение прочности и модуля упругости композитных волокон примерно в 1,5 раза.

- установлено, что при введении в полипропиленовую матрицу анизотропных углеродных частиц возможно получение волокнистых композиционных материалов, обладающих электропроводящими и повышенными прочностными свойствами.

Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки РФ, Проект № 11.4696.2017/8.9.

ЛИТЕРАТУРА

1. Москалюк О.А., Алешин А.Н. и др. Электропроводность полипропиленовых волокон с дисперсными углеродными наполнителями // Физика твердого тела. 2012. Т.54. № 10. С.1994-1998.
2. Kotsilkova R. et al. Isotactic polypropylene composites reinforced with multiwall carbon nanotubes, part 2: thermal and mechanical properties related to the structure // Journal of Applied Polymer Sc. - 2010. Vol. 115. - №6. P. 3576-3585.
3. Марихин В.А. Надмолекулярная структура полимеров. М.: Химия, 1977. 240 с.
4. Пахомов П.М. Конформационная структура и механика полимеров: Монография. – Тверь.: Тверской гос. ун-т, 1999. 234 с.
5. Simon R.M. Thermally and Electrically Conductive Flake Filled Plastics // Polymer News. 1985 Vol. 11. P. 102-108.
6. Ситникова В.Е. и др. Характеристика ориентации углеродных нановолокон в полипропиленовой плёнке методом оптической спектроскопии. Новый подход. // Химические волокна. 2015. №3. С. 87-92.
7. Цобкалло Е.С., Баланёв А.С., Юдин В.Е., Москалюк О.А. Влияние ориентационной вытяжки на физико-механические свойства полипропиленовых пленочных нитей, наполненных наночастицами технического углерода. // Известия вузов. Технология легкой промышленности. 2010. №4. С. 25-29.
8. Цобкалло Е.С., Баланёв А.С., Михалчан А.А. Взаимосвязь структурных, механических и электрических характеристик композиционного материала полипропилен-технический углерод // Сборник научных трудов. Физико-химия полимеров. Синтез, свойства, применение. Тверь. 2008. Вып. 14. С.36-41.
9. Москалюк О.А., Цобкалло Е.С., Юдин В.Е., Баланев А.С. Влияние различных видов углеродных нанонаполнителей и ориентационной вытяжки на физико-механические свойства полимерного композиционного материала. // Сб. материалов XII Международной конференции «Физика диэлектриков» (Диэлектрики-2011). СПб. 2011. С. 138-141.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СТРУКТУРЫ ПОЛИМЕРНОЙ КОМПОЗИЦИИ НА СВОЙСТВА ПЛЕНОЧНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СПЕЦОДЕЖДЫ

RESEARCH OF THE INFLUENCE OF THE POLYMER COMPOSITION STRUCTURE ON THE FILM MATERIAL PROPERTIES FOR SPECIAL CLOTHES PRODUCTION

О.В. Метелева, Л.И. Бондаренко
O.V. Meteleva, L.I. Bondarenko

Ивановский государственный политехнический университет
Ivanovo State Polytechnic University
E-mail: olmet07@yandex.ru, bondarenko.ivanovo@yandex.ru

В работе представлены результаты исследований влияния структуры исходной полимерной композиции на физико-механические свойства получаемых пленок. Пленки предназначены для проклеивания ниточных соединений защитной одежды. Показано, что изменение вязкости композиции в исследуемом интервале не оказывает существенного влияния на эксплуатационные свойства готового материала.

Ключевые слова: акрилатный латекс, вязкость, пленочный материал, физико-механические показатели свойств.

The paper presents the influence research results of the structure of the original polymer composition on the resulting films physical and mechanical properties. Films are intended for gluing of protective clothing thread connections. It is shown that the change of the composition viscosity in the studied interval does not have a significant effect on the finished material performance properties.

Keywords: acrylate latex, viscosity, film material, physical and mechanical properties.

В современных экономических условиях развитие технологии швейного производства специальных изделий из защитных материалов должно быть ориентировано на повышение качества продукции. Это возможно за счет обеспечения заданного уровня водозащитных свойств с учетом назначения, исходных свойств применяемых материалов, условий эксплуатации. Все большее расширение ассортимента водозащитных изделий из новых материалов не влечет за собой выпуск продукции более высокого уровня качества и повышение эффективности процессов ее производства, что противоречит требованиям рынка. Развитие ассортимента водозащитных материалов идет в направлении увеличения их многообразия за счет:

- расширения и дифференциации области использования,
- увеличения вариантов структурных и качественных характеристик,
- применения различных способов заключительной отделки с учетом требований потребителя,
- улучшения внешнего вида при одновременном повышении защитных свойств.

Для изготовления специальных изделий защитного назначения из разнообразных по свойствам материалов, включая пленочные материалы и материалы с полимерными покрытиями, не разработано к настоящему времени специальных клеевых пленочных материалов, способных образовывать прочные и надежные клеевые соединения [1]. Создание бесосновных самоклеящихся пленочных материалов, свойства которых дифференцированы в зависимости от назначения изделий, условий эксплуатации и свойств перерабатываемых материалов, является актуальной задачей.

Максимально удовлетворять технологическим и экономическим требованиям производства изделий из текстильных материалов может материал в виде протяженной водонепроницаемой пленки фиксированной ширины, обладающей адгезионной способностью без теплового или химического активирования к широкому спектру субстратов (терморезактивных и термопластичных). Оптимально для швейного производства, что этот материал представляет собой контактный клей, с применением которого клеевое соединение образуется без длительного приложения давления. Адгезионная способность без дополнительного активирования обеспечена постоянной остаточной липкостью клеевого материала [2].

Исходя из требований, предъявляемых к разработанному плёночному материалу для изготовления швейных изделий специального назначения, в качестве перспективных плёнообразующих при создании полимерных композиций для клеевого и неклеевого слоёв были определены водные дисперсии полимеров. Как известно, полимеры в форме водных дисперсий – латексов находят широкое применение в различных отраслях промышленности. Многочисленными достоинствами таких систем являются экологическая безопасность, обеспечиваемая исключением токсичных органических растворителей, пожаробезопасность, несложность технологических методов их переработки, возможность получения из латексов таких изделий и материалов, изготовление которых из твердых полимеров невозможно или крайне затруднительно.

Акрилатные латексы – латексы каучукоподобных сополимеров акриловых (например, бутилакрилата) или метакриловых эфиров с другими мономерами (бутадиеном, стиролом, акрилонитрилом) или другими непредельными соединениями. Изделия из латексов на основе насыщенных полимеров (например, нитрилакрилатных) отличаются высокой устойчивостью к атмосферным воздействиям, к действию ультрафиолетовых лучей, озона, тепла и другим. К числу важных свойств синтетических латексов относится их плёнообразующая способность, которая определяет качество получаемых из них пленок. Большое практическое значение имеют синтетические латексы сополимеров эфиров акриловой кислоты с акрилонитрилом, метакриловой кислотой. Отсутствие двойных связей в основной цепи определяет высокую устойчивость пленок из этих латексов к различным видам старения, а наличие полярных групп – масло- и бензостойкость.

Как известно, при выборе латекса для составления полимерной композиции необходимо руководствоваться как свойствами и возможностями полимера латекса, так и коллоидно-химическими свойствами латексов [3]. Показатели рН, поверхностного натяжения, вязкости и др. играют значительную роль при составлении рецепта композиции и определении технологии её переработки.

С целью выбора оптимальной структуры исследуемых латексов для создания полимерных композиций, используемых в качестве клеевых и неклеевых слоёв самоклеящегося плёночного материала, оценивалось влияние соотношения сомономеров на физико-механические и технологические свойства латексных плёнок.

Объектами исследований являлись плёнки из латексов, которые получали путём отлива с дальнейшим высушиванием при температуре 70 °С÷90 °С. Толщину плёнок регулировали количеством латекса на подложке. Оценку физико-механических свойств латексных плёнок осуществляли стандартными методами.

С учётом выявленных особенностей по влиянию химического состава и соотношения сомономеров акрилатных латексов на свойства сформированных плёночных покрытий,

осуществлён выбор основных плёнкообразующих для использования в рецептурах клеевых и неклеевых композиций при создании технологического процесса получения самоклеящегося плёночного материала.

Условия формирования полимерных слоев из исходной композиции определяются важным структурным параметром – вязкостью. Специфическими особенностями реологического поведения обладают латексы карбоксилсодержащих полимеров. Однако характер и степень повышения вязкости зависят от содержания полимера в латексе, температуры стеклования полимера, содержания в нем карбоксильных групп и химической природы сомономеров. Вязкость латексов карбоксилсодержащих полимеров с высокой температурой стеклования сопровождается относительно небольшим содержанием карбоксильных групп (1% ÷ 5%).

Одним из широко распространенных способов регулирования вязкости латекса при его переработке является загущение. Для этой цели используется большая группа загущающих агентов, представляющих собой природные и синтетические водорастворимые полимеры. Адсорбируясь на поверхности частиц латекса, эти вещества, участвуя в образовании защитной адсорбционногидратной оболочки, увеличивают структурную вязкость. Вместе с тем загущение латекса может происходить также за счет повышения в присутствии этих веществ вязкости водной фазы.

Одно из важнейших требований, которое предъявляется к загустителям, это стабильное, неизменяющееся во времени, значение вязкости латекса. Как правило, вязкость латекса после в него загустителя существенно возрастает, достигая какого-то определенного значения, а затем в процессе хранения происходит постепенное дальнейшее увеличение вязкости. Величина вязкости для данной конкретной композиции устанавливается экспериментально с учётом химической природы подложки, толщины наносимого слоя, натяжения и скорости движения материала.

С целью выбора оптимального состава латексной композиции для формирования покрытий наносным способом оценивалось влияние различных дозировок загустителя на реологические свойства смесей и физико-механические показатели сформированных плёнок. Как было выявлено в результате экспериментальных исследований, для повышения вязкости акрилатных латексов наиболее целесообразно использовать загуститель акриловой природы.

Реологические свойства латексных смесей оценивали путём измерения вязкости с помощью японского ротационного вискозиметра "Reotest" при скорости сдвига 6 об/мин.

Как правило, в латексной технологии после смешения компонентов осуществляют так называемое «вызревание» смеси в течение 1-2 суток при комнатной температуре и медленном перемешивании. Эта операция позволяет значительно улучшить качество готовых пленок за счёт частичной астабилизации латексных глобул и более равномерного распределения веществ в смеси.

В данной работе оценивалось влияние различных дозировок акрилового загустителя на изменение вязкости, как свежеприготовленных латексных композиций, так и выдержанных в течение различного времени.

Зависимости изменения вязкости от количественного содержания загустителя и времени вызревания латексных смесей представлены на рисунке 1.

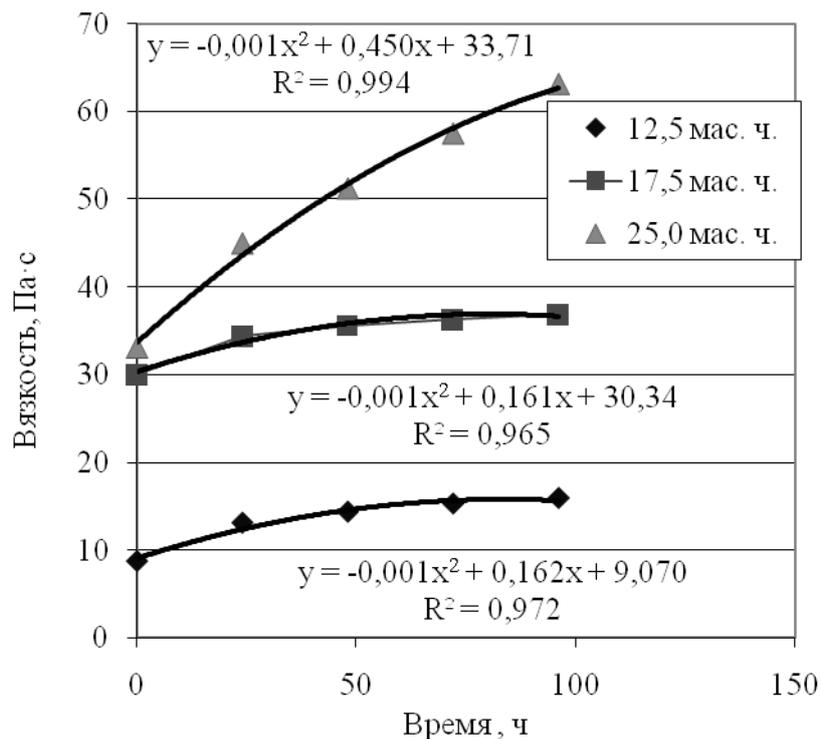


Рис. 1 Зависимость изменения вязкости от количественного содержания загустителя и времени вызревания латексных смесей

Полученные данные свидетельствуют, что процесс загущения во многом зависит от количества вводимого в латекс загустителя и времени вызревания смесей. Анализ полученных результатов свидетельствует, что структурная вязкость латексных смесей во всех случаях, независимо от количественного содержания акрилатного загустителя и времени выдержки, монотонно нарастает. При этом наибольшее увеличение вязкости (от 34 до 62 Па·с) в течение четырех суток наблюдается для систем с содержанием 25 мас. ч. загустителя.

Как следует из полученных зависимостей, в случае композиций с меньшими дозировками загустителя, а именно 17,5 и 12,5 мас. ч., изменение вязкости за то же время составляет соответственно от 30 до 37 Па·с и от 9 до 17 Па·с. Согласно полученным результатам, для свежеприготовленных латексных композиций с увеличением содержания загустителя от 12,5 мас. ч. до 25,0 мас. ч. происходит возрастание вязкости приблизительно в 4 раза, а именно от 9 Па·с до 34 Па·с. При этом, разница в значениях вязкости, достигнутой введением в латекс 17,5 мас. ч. и 25,0 мас. ч. загустителя (в пересчете на сухое вещество) незначительна и составляет 7 Па·с.

Экспериментально установлено, что для смесей, выдержанных в течение суток, максимальный эффект загущения наблюдается при дозировках загустителя от 12,5 мас. ч. до 25,0 мас. ч. Результаты исследования показали, что наиболее заметное увеличение вязкости латексных систем с содержанием 12,5 мас. ч. и 17,5 мас. ч. загустителя происходит в интервале от 1 до 5 часов. В дальнейшем вязкость смесей с указанными количествами загустителя в процессе хранения повышается незначительно.

Полученные зависимости изменения вязкости загущенных латексных композиций от времени их вызревания в течение суток представлены на рисунке 2.

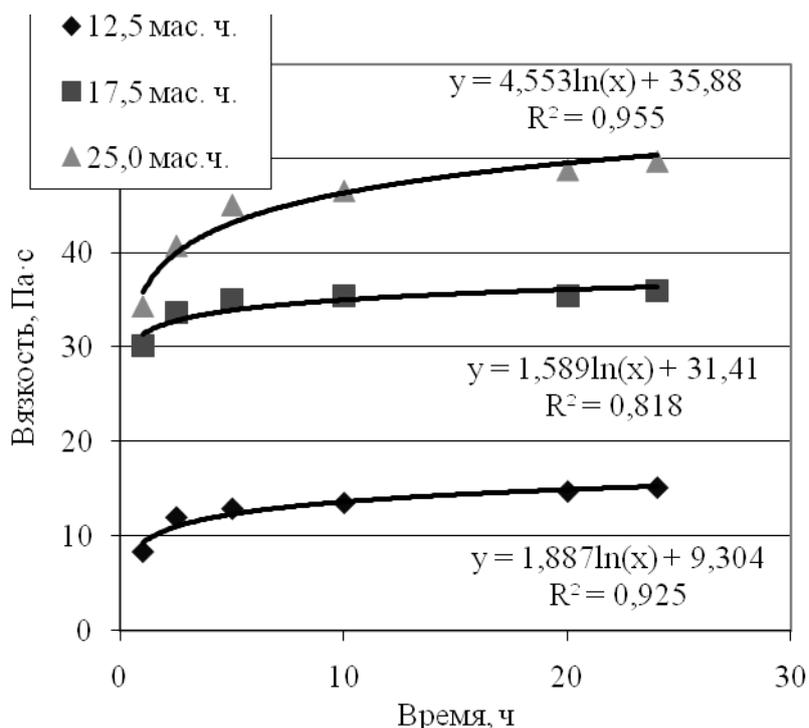


Рис. 2 Влияние времени вызревания латексных композиций на их вязкость

В результате проведенных исследований выявлено, что загущенные латексные смеси отличаются достаточной агрегативной устойчивостью во времени и переработка их не вызывает технологических затруднений. Вместе с тем, как было установлено, получение технологически вязких композиций ($\eta = 10 \div 30$ Па·с) для формирования покрытий наносным методом, характеризующихся стабильностью свойств в течение длительного времени и устойчивостью к сдвиговым деформациям, может быть достигнуто введением в латекс загустителя в количествах от 10 до 20 мас. ч. на 100 мас. ч. полимера латекса.

Как известно, к числу важных свойств синтетических латексов относится их плёнкообразующая способность, которая определяет качество получаемых из них плёнок. Результаты исследований по изучению влияния загустителя на плёнкообразующую способность сополимерного акрилатного латекса показали, что из загущенных композиций формируются качественные, бездефектные плёнки, отличающиеся однородностью.

Результаты физико-механических испытаний плёнок на основе исходного и загущенного акрилатного латекса представлены в таблице 1.

Таблица 1

Физико-механические показатели плёнок из загущенных латексных композиций

Показатели		Исходный латекс	Количество загустителя, мас. ч.		
			12,5	17,5	25,0
1.	Прочность при растяжении, МПа	28,9	23,2	19,6	20,1
2.	Относительное удлинение, %	310	256	210	246
3.	Остаточное удлинение, %	160	140	100	123
4.	Жёсткость, сН	10,3	15,5	14,6	11,2

Согласно полученным экспериментальным данным, которые согласуются с известными литературными данными [4]-[6], введение загустителя во всех случаях приводит к некоторому падению прочностных показателей плёнок и снижению относительного и остаточного удлинений. Так, прочность плёнок из исходного латекса составляет 28,9 МПа при относительном удлинении 310% и остаточном удлинении 160 %.

По данным исследования установлено, что прочность плёнок из латексных композиций с добавками загустителя от 12,5 мас. ч. до 25,0 мас. ч. снижается до значений 23,2 и 20,1 МПа соответственно. Относительное удлинение плёнок, сформированных из составов с указанными количествами загустителя, также как и остаточное, несколько уменьшается, а именно до 256% ÷ 246% и 140% ÷ 123% соответственно. При этом, как следует из приведённых в таблице данных, введение в латекс 17,5 мас. ч. загустителя способствует более заметному снижению относительного и остаточного удлинений.

Выявлено, что увеличение дозировок загустителя в составе сополимерного акрилатного латекса приводит к повышению жёсткости плёнок. При этом, наиболее высоким показателем жёсткости (15,5 сН) характеризуются плёнки, полученные из композиций с содержанием 12,5 мас. ч. загустителя. В дальнейшем, при увеличении дозировок загустителя от 17,5 мас. ч. до 25,0 мас. ч. наблюдается некоторое снижение жёсткости, а именно до 14,6 и 11,2 сН соответственно.

Таким образом, исследованный структурный параметр акрилатного латекса – вязкость – не оказывает существенного влияния на изменение показателей физико-механических свойств пленочных покрытий и позволяет сформировать пленочный материал с требуемыми для производства защитной одежды свойствами.

Разработанный безосновный клеевой пленочный материал использован для герметизации швов спецодежды и позволил обеспечить их высокие водонепроницаемость (более 6,0 кПа), адгезионную прочность (не менее 6 Н/см) при незначительном повышении жесткости (не более 10 %).

ЛИТЕРАТУРА

1. Бовальдинова, К.А. Получение и свойства «умных» чувствительных к давлению адгезивов на основе интерполимерных комплексов: дис. канд. хим. наук : 02.00.06 /К.А. Бовальдинова. – М.: ИНЭОС РАН, 2018. – 165с.
2. Сурикова, М.В. Соединение защитных материалов при использовании самоклеющегося пленочного материала / М.В. Сурикова, О.В. Метелева, Е.И. Коваленко // Известия вузов. Технология текст. пром-сти. – 2013. – № 5 (347). – С. 101 – 104.
3. Трофимович, Д.П. Технология переработки латексов / Д.П. Трофимович, В.А. Берестнёв. – М: ООО Издательство Научтехлитиздат, 2003. – 372 с.
4. Чалых, А.А. Влияние деформационно-прочностных характеристик полимеров на их адгезионные свойства: дис. ... канд. хим. наук : 02.00.04 / А.А.Чалых. – М.: ИОНХ РАН, 2003. – 170с.
5. Cassie, A.B.D. Large contact angles of plant and animal surfaces / A.B.D. Cassie, S. Baxter // Nature. – 1995. – № 155(3923). – P. 21–22.
6. Бойнович, Л. Б. Гидрофобные материалы и покрытия: принципы создания, свойства и применение / Л. Б. Бойнович, А. М. Емельяненко // Успехи химии. – 2008. – №77 (7). – С. 619-638.

ОСОБЕННОСТИ ДИЗАЙНА И КОНСТРУИРОВАНИЯ МУЖСКИХ СОРОЧЕК БРЕНДА «ПРАВИКА»

FEATURES OF DESIGN AND CONSTRUCTION OF MEN'S SHIRTS BRAND "PRAVIKA"

Н.М. Емельянова
N.M. Emelyanova

Уральский государственный архитектурно-художественный университет, (г. Екатеринбург)
Ural State University of Architecture and Art, (Ekaterinburg)
E-mail: nina_m_em@mail.ru

В статье речь идет о разработке мужских сорочек бренда «Правика» на базе синтеза, который состоит в использовании народных традиций в виде декоративного оформления изделий и современности, создания комфорта при помощи конструкции.

Ключевые слова: дизайн, конструкция, лекала, мужские сорочки, удобство.

Abstract: The article deals with the development of men's shirts of the Pravika brand on the basis of synthesis, which consists in using folk traditions in the form of decorative design of products and modernity, creating comfort with the help of a construction.

Key words: design, construction, template, men's shirts, convenience.

Любой народ стремится сохранять традиции своих предков. Это является основой дальнейшего духовного развития нации. В современном обществе соблюдать традиции, которые передавались из поколения в поколение, является сложной задачей, особенно это касается одежды. Сегодня вряд ли кто наденет русскую рубаху или сарафан на деловую встречу. Прежде, чем приступить к изготовлению мужских сорочек принципиально отличающихся от сорочек, имеющих на мировом и на российском рынках, создатели бренда «Правика» решили воскресить забытые древнерусские орнаменты, смыслы этих узоров и дать им новую жизнь в современной одежде на все случаи жизни. Наши прадеды носили одежду с узорами и орнаментами. Узор является своеобразным кодом. Определенные символы, которые гармонизируют все системы в теле, приводя их в баланс, привлекают удачу в достижении поставленных целей и защищают от негативных воздействий окружающей среды.

Обережные знаки в традициях русичей использовались в одежде, домах, быту и на оружии. Наши прадеды знали намного больше о геометрии пространства и его взаимосвязи с человеком, поэтому использовали функционал узоров для изменения влияния окружающей среды на человека.

Совместно с историками, этнографами и врачами на современном медицинского оборудования было проведено более 300 тестов [7], которые подтвердили, что на древние забытые символы откликается психика и физика современных людей. Новое прочтение древнерусских узоров и орнаментов явилось универсальным кодом для современных мужчин: он придает им силы,

укрепляет здоровье, повышает иммунитет, выносливость, резервы адаптации к новой пище, новому климату, часовому поясу, обстоятельствам. А так же увеличивает устойчивость организма к вредным техногенным факторам, придает эмоциональную стабильность, усиливает способность концентрировать внимание, защищает от чужих негативных эмоций и



*Рис. 1.
Телосложение
современного
мужчины*

помогать справляться со своими.

Полученные данные создатели бренда «Правика» используют как оригинальный дизайн в виде тесьмы, логотипа и эмблем в мужских сорочках. «Правика» – это функциональные рубашки, в которые вшиты древнерусские обережные коды [6, 7, 8, 9]. Они располагаются на внутренней стороне планок, стоек воротников и манжет (т.е. расположены скрыто). Этот вариант сорочек предназначен для деловых людей, работающих в офисе, где обязательным является дресс-код. Сорочки же, выполненные в стиле casual, имеют орнамент, расположенный на карманах, а так же на деталях спинки и переда мужских сорочек в виде логотипа или эмблемы. Такие изделия предназначены для отдыха и свободного времяпровождения. И первый (офисный), и второй (casual) типы сорочек отражают этнические мотивы, которые являются одним из трендов моды.

Обязательным условием качества изделий является комфорт и удобство. А это, прежде всего, конструкция. В данном случае – конструкция мужской сорочки, которая должна соответствовать направлению моды, эргонометрии и особенностям телосложения мужских фигур.

В ходе предпроектной подготовки выявлены:

- Особенности телосложения современных мужских фигур предполагаемого контингента потребителей (методом антропологического анализа) (рис.1);
- Характер основных движений при работе в офисе (на основе социологического опроса);
- Нахождение оптимальной системы конструирования мужских сорочек, основе анализа существующих методик;
- Особенности дизайна современных трендов мужских сорочек (силуэт, пропорции, объем, отделочные детали) с использованием интернет-ресурсов и аналогов изделий данного ассортимента средней ценовой политики: Van Laak, Paul Shark, Canali, Burberry, Brioni.

В ходе анализа выявлены характерные особенности телосложения мужчин: осанка – сутуло-перегибистая, спина округлая с прогибом позвоночника в области талии, шея наклонена вперед, слегка выступающий живот.

Характер основных движений при работе в офисе – продвижение рук вперед и подъем рук вверх;

Специальная литература по конструированию мужских сорочек, датированная 1964 [4, с.11], 1978 [1, с.38] и 2001[3, с. 162], годами выпуска не дала положительных результатов для решения поставленных задач ни по посадке, ни по эргономике. Наиболее приемлемой в современных условиях оказалась методика ЕМКО [2, с. 4]. Последующее уточнение баланса и конструктивного моделирования сорочек осуществлялось в ходе примерок макетов изделий на конкретные фигуры.

В результате проведенных экспериментов выявлено:

Оптимальная прибавка по груди составляет 8 см;

Удобство в продвижении рук вперед обеспечивает достаточная большая величина прибавки к ширине спинки. Экспериментальным путём она определена в 2см. При решении дизайна спинки наиболее актуальным являются:

- Защипы, расположенные посередине спинки (из-под шва притачивания кокетки) в виде бантовой складки;
- Защипы, расположенные симметрично относительно середины спинки в виде односторонних складок;
- Посадка спинки по шву притачивания кокетки.

Наилучший результат оформления защипов достигнут с помощью приема конического разведения, а не параллельного, как это рекомендуется в популярной литературе.

Удобство подъема рук вверх определяет гармоничное соотношение глубины проймы и высоты оката: чем глубже пройма, тем труднее подъём рук вверх. Кроме того, направление

моды мужских пиджаков диктует изделия малообъемные, с неглубокой проймой. При излишне малой глубине проймы подъем рук вверх облегчен, но возникают проблемы физиологического плана – потливость. В ходе проведения примерок на фигурах мужчин – потенциальных потребителей бренда «Правика», определено, что оптимальной является глубина проймы в 30см (от точки основания шеи), а высота оката 14см. Ширина рукава под проймой 32см. Беспосадочный рукав втачивается в открытую пройму. Эти параметры соотношения глубины проймы и высоты оката обеспечивают идеальные условия для технологической обработки сорочек.

Согласно социологического опроса выяснилось, что, не смотря на некоторые жировые отложения, мужчины предпочитают подчеркнуть свои достоинства (линия талии, прогиб позвоночника по спинке) и скрыть выпуклый живот.

Прилегание сорочек со стороны спинки решено более резким оформлением выпукловогнутой линии бокового среза спинки и введением талиевых вытачек глубиной 2см.

Задача конструктивного обеспечения выпуклости на живот в женской одежде может быть решена введением вытачки на живот, которую затем переводят в рельефный шов или горизонтальный отрез на уровне выступающей точки живота. Иногда она может быть прикрыта карманами или другими декоративными деталями. Модели мужских сорочек строго регламентированы количеством и оформлением деталей: спинка, 2 полочки, перекидная кокетка, рукав рубашечного покроя, воротник и манжеты, накладной карман в верхней части полочки.

В ходе экспериментальных примерок задача создания свободы в области живота решена разной степенью кривизны боковых срезов спинки и полочки: боковой срез полочки имеет более пологую, спрямленную форму линии.

Линия низа сорочек, как правило, имеет плавную закругленную форму: заниженную посередине переда, спинки и завышенную к боковым швам, что способствует сглаживанию впечатления от выпуклого живота и подчеркиванию стройности бедер. Часто в нижнюю часть бокового шва втачивается декоративная ластовица (рис. 2).

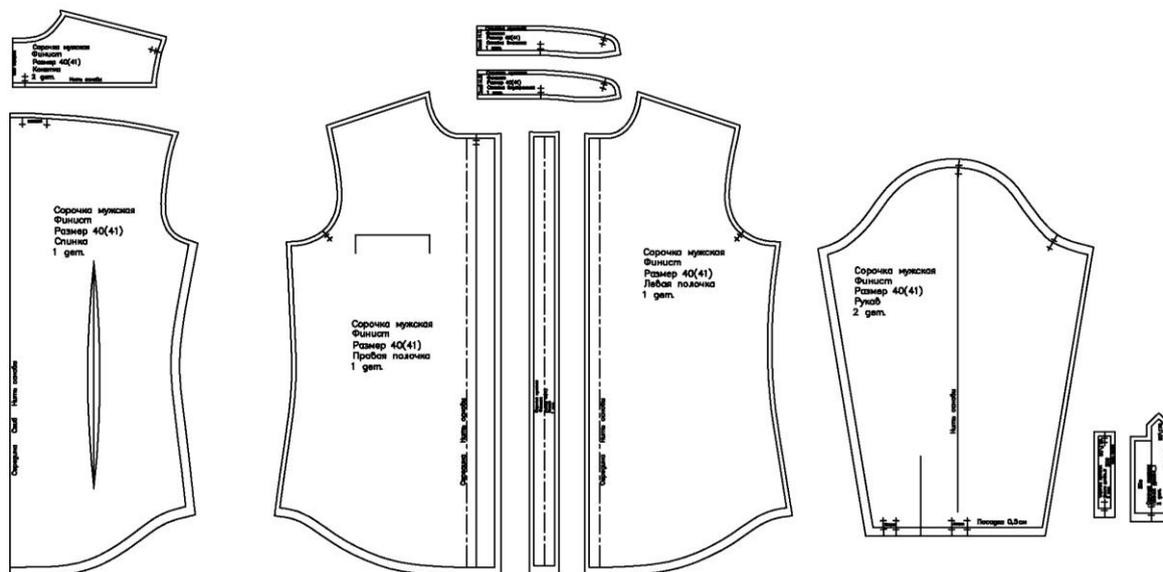


Рис 2. Базовая конструкция мужской сорочки «Финист»

На основании опроса мужчин и анализа трендов мужских сорочек определены наиболее актуальные формы воротников. Ими стали «Кент», «Акула» и «Баттен-даун» [5]. **Кент** (получил название от имени герцога Кента) по типу кроя считается классикой (рис. 3, ба). Это универсальный вид воротника, который сочетается с любым галстуком. Его можно носить с разными пиджаками и даже в комплекте с кожаной курткой или футболкой, как у

доктора Хауса. Лучший узел для галстука – виндзор. Кент можно расстегнуть на одну или две пуговицы, и при этом не прослыть неопрятным.

Акула или французский воротник – широкий, с краями, разведенными в стороны (рис. 4, 6б). Он идеален в сумме с деловым костюмом и широким галстуком, завязанным массивным узлом (двойной виндзор, например). Маленькие узлы и узкие галстуки на фоне «акулы» теряются. Он не подходит для сорочек под смокинг или френч.

Баттен-даун – стойкий и плотный отложной воротник с длинными краями, пристегнутыми к рубашке пуговицами (рис. 5, 6в). Этот воротник является прерогативой спортивных сорочек, т.к. изначально его придумали для одежды игроков поло. Без него невозможно представить гардероб casual стиля — с галстуком он не совместим, зато отлично сочетается с пиджаками из плотной ткани.



Рис. 3. Воротник «Кент»



Рис. 4. Воротник «Акула»

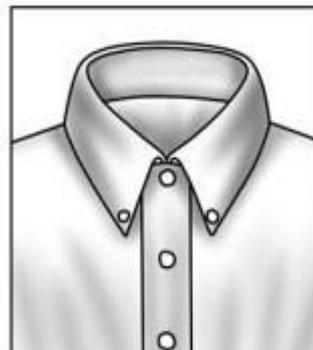


Рис. 5. Воротник «Баттен-Даун»

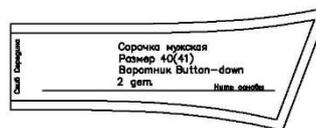
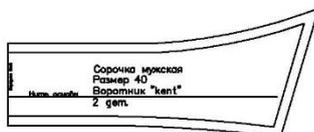
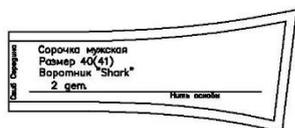


Рис. 6а, б, в. Конструкции воротников «Кент», «Акула», «Баттен-Даун»

Выявлены наиболее часто востребованные формы манжет (рис. 7).

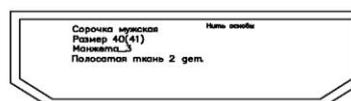
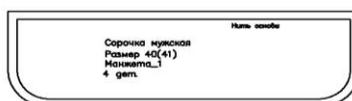
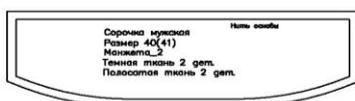


Рис. 7. Конструкции манжет.

Используя лекала разработанных таким образом конструкций мужских сорочек, на отечественных предприятиях выполняется пошив сорочек бренда «Правика».

Сочетание эксклюзивных древнерусских обережных орнаментов и комфортных, удобных, современных конструкций мужских сорочек делает изделия бренда «Правика» конкурентоспособными на рынке изделий аналогичного ассортимента.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Аменуэль И.А. Изготовление мужских сорочек и женских блуз [Текст]. – учеб. Пособие для ПТУ / И.А. Аменуэль, Е.Ч.Макарова, А.В. Корнеева. – М.; Высшая школа, 1978. – 192с.: илл.

2. Единая методика конструирования одежды СЭВ (ЕМКО СЭВ). Базовые конструкции мужской одежды. Том 3. М.: ЦНИИТЭИЛЕГПРОМ, 1988. – 133с.
3. Конструирование одежды: Учебник для студ. Учреждений сред. проф. Образования / Э.К. Амирова, О.В. Сакулина, Б.С. Сакулин, А.Т. Труханова. – М.: Мастерство: Высшая школа, 2001. – 496 с.: илл.
4. Романова А.С., Н.И. Царев Конструирование мужских сорочек по полнотам. Ленинград, 1964. Ленинградское областное отделения общества «Знание» РСФСР. –16с.: илл.
5. Все виды мужских рубашек: подробная классификация с фотографиями <http://manlife24.ru/stil/odezhda/rubashki/raznovidnosti.html>
6. www.facebook.com/pravika.ru
7. www.instagram.com/rubashka_pravika/
8. www.pravika.ru
9. www.vk.com/pravika

**СРАВНЕНИЕ ЭФФЕКТА ФОТОАКТИВНОСТИ ПОЛИЭФИРНЫХ ТКАНЕЙ,
МОДИФИЦИРОВАННЫХ ДИОКСИДОМ ТИТАНА,
ДОПИРОВАННЫМ ЖЕЛЕЗОМ И СЕРЕБРОМ**

**COMPARISON OF THE EFFECT OF PHOTOACTIVITY OF POLYESTER TISSUES
MODIFIED BY TITANIUM DIOXIDE,
DOPED BY IRON AND SILVER**

Т.Ю. Кумеева, М.Р. Кумеев, Н.П. Пророкова
T.Yu. Kumeeva, M.R.Kumeev, N.P. Prorokova

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

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

Показана возможность придания полиэфирной ткани фотохимической активности с помощью модифицирования ткани наноразмерными частицами TiO_2 . Рассмотрен эффект от модифицирования при использовании диоксида титана, допированного железом и серебром. Произведена оценка устойчивости эффекта к эксплуатационным воздействиям и влияние УФ-облучения на прочность модифицированной ткани.

The possibility of imparting the photochemical activity of polyester fabric by modifying the fabric with nano-sized TiO_2 particles is shown. The effect of modification when using titanium dioxide doped with iron and silver is considered. An assessment was made of the sustainability of the effect on the operational effects and the influence of ultraviolet radiation on the strength of the modified fabric.

У современного потребителя существует спрос на декоративные и отделочные текстильные материалы, которые обладают свойствами самоочистки по фотокаталитическому механизму. Особенно важно придание таких свойств синтетическим, в первую очередь, полиэфирным (ПЭФ) тканям, которые широко используются при отделке помещений, изготовлении штор и других декоративных деталей интерьера. Однако обращает на себя внимание тот факт что, при наличии на рынке довольно большого количества различных самоочищающихся материалов с фотохимической активностью, ткани бытового и отделочного назначения, обладающие такими свойствами, до сих пор не производятся, хотя исследования по разработке научных основ технологии их получения ведутся достаточно интенсивно.

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, гидротермальный способ, химическое или физическое осаждение паров, золь-гель технология. В данном исследовании синтез монодисперсных порошков проводили по методу золь-гель получения диоксида титана путем гидролиза соответствующего алкоксида общей формулы $Ti(OR)_n$, где R – алкоксидный радикал из спиртового раствора [2]. В дальнейшем в работе использовался подход, основанный на формировании на поверхности ПЭФ волокон ультратонкого слоя TiO_2 .

Самоочистка по фотокаталитическому механизму является предпочтительным для большинства материалов, эксплуатируемых в закрытых помещениях,. Важным дополнительным аргументом в пользу этого является способность наночастиц TiO_2 не только обеспечивать деструкцию органических загрязнений, но и эффективно ингибировать жизнедеятельность патогенных бактерий при облучении светом видимого и УФ-диапазонов. Известно, что основным механизмом при ингибировании бактерий материалами с покрытием

на основе TiO_2 является фотокаталитический. Исходя из этого, предположили, что отсутствие у модифицированной ПЭФ ткани биоцидных свойств [3] объясняется, по-видимому, тем, что при освещении ПЭФ ткани с малым содержанием TiO_2 генерируется меньше активных радикалов, чем необходимо для ингибирования жизнедеятельности бактерий. Для повышения фотохимической активности модифицированной ПЭФ ткани было решено увеличить фотохимическую активность модификатора. Известно, что одним из простых путей достижения указанной цели является допирование кристаллической решетки TiO_2 рядом других элементов. В частности, высокую фотокаталитическую активность демонстрирует TiO_2 , допированный железом и серебром [4], полученный методом золь-гель синтеза [5,6].

Нанесение на ПЭФ ткань суспензии, содержащей различные модификации TiO_2 , производили методом окунания с последующей сушкой при температуре $40\text{ }^\circ\text{C}$. Концентрацию суспензии TiO_2 регулировали таким образом, чтобы на ткани содержалось $8\text{ г/м}^2\text{ TiO}_2$. О фотохимической активности модифицированной ткани судили по степени обесцвечивания нанесенной на её поверхность капли раствора красителя эозина (тетрабромфлуоросцеина) при воздействии ультрафиолетового (УФ) излучения.

Эффективность фотохимического действия чистого и допированного железом и серебром диоксида титана представлена на рис. 1.

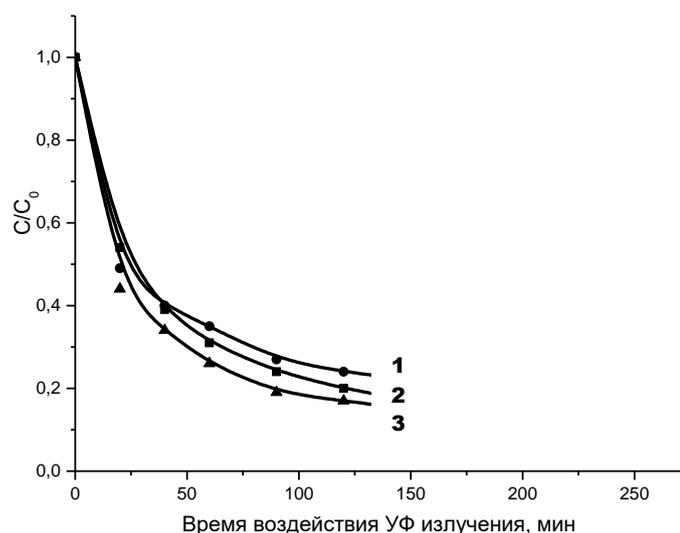


Рис. 1. Цветовые различия по эозину для ПЭФ ткани после модифицировании её наночастицами: 1 - TiO_2 , 2 - TiO_2 , допированными железом; 3 - TiO_2 , допированными серебром.

Из графиков, приведенных на рисунке 1, видно, что наиболее эффективно разлагает окрашенный индикатор покрытие из диоксида титана, допированного серебром. Об этом свидетельствует наибольшая скорость убывания значений соотношения цветовых характеристик в период первых 40 минут выдержки под УФ излучением (кривая 3).

К важным характеристикам модифицированной ПЭФ ткани, которые определяют возможность ее практического использования, относится устойчивость достигнутого эффекта к воздействию сухого трения. В связи с этим оценивали устойчивость покрытий на основе наноразмерного диоксида титана, нанесенных на ткань, к эксплуатационным воздействиям, традиционным для текстильных материалов.

Выявлено, что под действием сухого трения скорость и интенсивность фотохимического разложения красителя ПЭФ тканью с покрытиями на основе недопированного и допированного железом TiO_2 несколько снижается. Можно предположить, что это связано с удалением части недостаточно прочного зафиксированного

TiO₂ при интенсивном истирающем воздействии. Однако при использовании в качестве модификатора TiO₂, допированного серебром, фотохимическая активность ПЭФ ткани не только не уменьшается, но даже проявляет тенденцию к возрастанию.

Покрытия, полученные нами, были протестированы на микробиологическую активность. Для эффективной инактивации болезнетворных бактерий по фотокаталитическому механизму бактериальные клетки должны быть сорбированы покрытием на основе наночастиц TiO₂ [7,8]. Поэтому возможность модифицированной ПЭФ ткани ингибировать жизнедеятельность болезнетворных организмов оценивали с использованием «счетного» теста. Эксперимент по этому методу основан на обеспечении контакта исследуемой ткани с суспензиями тестовых организмов. В результате этого обеспечивается возможность сорбции последних покрытием. Данные, полученные в ходе исследования, представлены в табл. 1.

Таблица 1

Способность ПЭФ ткани с покрытием на основе TiO₂ ингибировать жизнедеятельность болезнетворных бактерий

Состав покрытия модифицированной ПЭФ ткани	Рост (+) или ингибирование (-) патогенных культур, %		
	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>	<i>C. albicans</i>
Наночастицы TiO ₂	+ 31	+ 63	+ 83
Наночастицы TiO ₂ , допированные железом	- 27	+ 53	+ 61
Наночастицы TiO ₂ , допированные серебром	- 50	+ 35	+ 8

Из таблицы следует, что ПЭФ ткань с покрытиями на основе TiO₂ не оказывает инактивирующего действия на *грам*-положительные бактерии и условно-патогенные грибы рода *Candida*. Однако при переходе от покрытия на основе наночастиц недопированного TiO₂ к покрытиям, сформированным наночастицами TiO₂, допированными железом и серебром, модифицированная ПЭФ ткань приобретает способность инактивировать *грам*-отрицательные бактерии. Эти бактерии, как показано в работе [8], обладают более высокой, по сравнению с *грам*-положительными бактериями, чувствительностью по отношению к патофизиологическому воздействию активных радикалов, генерируемых при УФ-облучении. Указанная чувствительность определяется, в первую очередь, особенностями строения клеточных стенок бактерий [9]. Как видно из таблицы, значительно более высокую биоцидную активность по отношению к *E. coli* проявляют наночастицы TiO₂, допированные серебром, что совпадает с выводами, сделанными авторами работы [10]. Более детально действие покрытия на основе TiO₂ на патогенные микроорганизмы рассмотрено в работе [11].

Важным аспектом придания волокнистым материалам новых свойств, который необходимо учитывать при оценке эффективности метода модифицирования, является его влияние на прочностные характеристики ткани, особенно при эксплуатации последней в неблагоприятных условиях. Так ткань с покрытием на основе TiO₂ будет эксплуатироваться при УФ-излучении, которое, как известно, вызывает деструкцию многих полимеров, в результате чего при длительном облучении может наблюдаться потеря прочности волокнистых материалов. Некоторые исследователи считают, что нанесение фотоактивного покрытия на волокно может защитить его от фотодеструкции [12], другие, напротив, придерживаются мнения, что оно может привести к дополнительной деструкции волокна [13]. Проведенная нами оценка влияния модифицирования ПЭФ ткани TiO₂ на её физико-механические характеристики свидетельствует, что УФ-облучение и необработанной, и

модифицированной наночастицами TiO_2 ПЭФ ткани в течение 250 мин. не вызывает снижения разрывной нагрузки и разрывного удлинения ПЭФ ткани.

В ходе исследования, проведена оценка влияния на фотохимическую активность модифицированной ПЭФ ткани сформированных на её поверхности покрытий из нанокompозитов на основе диоксида титана, допированного железом и серебром. Исследование показало, что использование допированного диоксида титана для модифицирования ПЭФ ткани вызывает увеличение скорости деструкции красителя при УФ облучении, при этом полученное покрытие обладает хорошей устойчивостью к трению, прочностные характеристики текстильного материала после обработки сохраняются.

ЛИТЕРАТУРА

1. Hurum D.C., Agrios A.G., Crist S.E., Gray K.A., Rajh T., Thurnauer M.C. Probing reaction mechanisms in mixed phase TiO_2 by EPR // J. Electron Spectrosc. 2006. V. 150. - P. 155-163.
2. Apphouse P., Varghese A., Tendero C. Stable hydrosols for TiO_2 coatings // J. Sol-Gel Sci. Technol. 2010. V. 56. P. 250-263.
3. Пророкова Н.П., Кумеева Т.Ю., Агафонов А.В., Иванов В.К. Модифицирование полиэфирной ткани наноразмерным диоксидом титана с целью придания фотоактивности // Перспективные материалы. 2017. №1. С. 19-29. Prorokova N.P., Kumeeva T.Yu., Agafonov A.V., Ivanov V. K. Modification of Polyester Fabrics with Nanosized Titanium Dioxide to Impart Photoactivity // Inorganic Materials: Applied Research, 2017, Vol. 8, No. 5, p. 696–703.
4. Neri G., Rizzo G., Galvagno S., Loiacono G., Donato A., Musolino M.G., Pietropaolo R., Rombi E. Sol-gel synthesis, characterization and catalytic properties of Fe-Ti mixed oxides // Appl. Catal. A: General. 2004. V. 274. P. 243 – 251.
5. Apphouse P., Varghese A., Tendero C. Stable hydrosols for TiO_2 coatings // J. Sol-Gel Sci. Technol. 2010. V. 56. P. 250-263.
6. Герасимова Т.В. Низкотемпературный золь-гель синтез наноразмерных материалов TiO_2 - Fe_3O_4 , TiO_2 - CoO , Fe_2TiO_5 , CoTiO_3 и твердых растворов Fe(III) в TiO_2 : дис. ... канд. хим. наук. Иваново, 2014. 143 с.
7. Bui T.H., Felix C., Pigeot-Remy S., Herrmann J.M., Lejeune P., Guillard C. Photocatalytic inactivation of wild and hyper-adherent *Escherichia coli* strains in presence of suspended or supported TiO_2 : influence of the Isoelectric point of the particle size and of the adsorptive properties of titania // J. Adv. Oxid. Technol. 2008. V. 11. P. 510 – 518.
8. Надточенко В.А., Радциг М.А., Хмель И.А. Антимикробное действие наночастиц металлов и полупроводников // Российские нанотехнологии. 2010. Т. 5. № 5-6. С. 37-46.
9. Антоновская Л.И., Скорб Е.В., Уласевич С.А., Свиридов Д.В., Беясова Н.А. Фотокаталитическая и фотобиоцидная активность композитных пленок на основе наноструктурного диоксида титана // Вестник БГУ. Сер. 2. 2008. № 2. С. 3-8.
10. Zhang H.J., Chen G.H. Potent Antibacterial Activities of Ag/ TiO_2 Nanocomposite Powders Synthesized by a One-Pot Sol-Gel Method // Environ. Sci. Technol. 2009. V. 43. P. 2905-2910.
11. Пророкова Н.П., Кумеева Т.Ю., Кузнецов О.Ю. Антимикробные свойства полиэфирных тканей, модифицированных наноразмерным диоксидом титана // Перспективные материалы. 2017. № 11. С. 34-44. Prorokova N.P., Kumeeva T.Yu., . Kuznetsov O.Yu Antimicrobial Properties of Polyester Fabric Modified by Nanosized Titanium Dioxide // Inorganic Materials: Applied Research, 2018, Vol. 9, No. 2, P. 250–256.
12. Wang R., Wang Y., Characterization of titania hydrosol and its influence on light fastness of polyester fabric.// Procedia Eng. 2011. V.18. P. 307 – 311.
13. Selishev D.S., Karaseva I.P., Uvaev V.V., Kozlov D.V., Parmon V.N. Effect of preparation method of functionalized textile materials on their photocatalytic activity and stability under UV irradiation // Chem. Eng. J. 2013. V. 224. P. 114-120.

**ВЛИЯНИЕ МАЛЫХ КОЛИЧЕСТВ МАГНЕТИТА, ВНЕДРЕННЫХ В
ПОЛИТЕТРАФТОРЭТИЛЕНОВОЕ ПОКРЫТИЕ, НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ
СВОЙСТВА ПОЛИПРОПИЛЕНОВЫХ НИТЕЙ**

**INFLUENCE OF SMALL QUANTITIES OF MAGNETITE IMPLEMENTED INTO
POLYTETRAFLUOROETHYLENE COATING ON PHYSICAL AND MECHANICAL
PROPERTIES OF POLYPROPYLENE YARNS**

С.Ю. Вавилова, Н.П. Пророкова
S.Yu. Vavilova, N.P. Prorokova

Институт химии растворов имени Г.А. Крестова Российской академии наук (г. Иваново)
G.A. Krestov Institute of Solution Chemistry of the Russian Academy of Sciences (Ivanovo)
E-mail: sjv@isc-ras.ru

Формованием из расплава получены комплексные полипропиленовые нити с фторопластовым покрытием, содержащим частицы магнетита. Изучено влияние способа приготовления и состава формовочной подготовки на физико-механические свойства нитей.

Ключевые слова: полипропиленовые нити, прочность, политетрафторэтилен, частицы магнетита.

Polypropylene yarns with polytetrafluoroethylene coating doped magnetite particles obtained by melt molding. The influence of the method of preparation and the composition of the molding preparation on the physical and mechanical properties of the yarns has been studied.

Key words: polypropylene yarns, strength, polytetrafluoroethylene, magnetite particles.

В настоящее время полипропиленовые нити широко используются для изготовления одноразовых материалов медицинского назначения (медицинская одежда, салфетки, простыни и т.п.). Для таких изделий очень важным качеством является способность подавлять развитие патогенных микроорганизмов, обеспечивая таким образом защиту и больного, и врача. Одним из широко применяемых способов придания биоцидных свойств волокнистым материалам является использование наночастиц, в первую очередь наночастиц серебра, которые достаточно устойчиво закрепляются на поверхности материалов из природных волокон, имеющих на поверхности огромное количество функциональных групп. Полипропиленовое волокно имеет вид практически идеального цилиндра, лишенного пор, имеющего химически инертную гладкую поверхность. Прочно закрепить на поверхности такого волокна металлическую частицу очень сложно. В работах, выполненных в ИХР РАН Пророковой Н.П. с соавторами [1] было показано, что полипропиленовые нити, модифицированные железосодержащими наночастицами, стабилизированными полиолефинами, подавляют развитие патогенных микроорганизмов. Описанный способ модификации нитей основан на введении концентрата железосодержащих наночастиц, стабилизированных полиолефинами, в расплав полипропилена при формовании нитей. При реализации этого способа наночастицы распределяются в общем объеме волокна и прочно в нем удерживаются.

Нами была поставлена задача прочно закрепить наночастицы на поверхности нити, исключив этим негативное влияние агрегированных наночастиц на прочность нитей и усилив антимикробный эффект.

Ранее в ИХР РАН был предложен принципиально новый подход к получению полипропиленовых нитей с фторопластовым покрытием, заключающийся в том, что для обеспечения адгезии фторопласта к поверхности нити суспензия политетрафторэтилена (суспензия фторопласта 4Д или СФ-4Д) наносится на поверхность горячей нити при формовании её из термопластичного полимера на стадии замасливания. В дальнейшем, на

стадии ориентационного вытягивания, толщина покрытия, за счет способности фторопласта к псевдотеку и высокому коэффициенту теплового расширения, значительно уменьшается, покрытие приобретает равномерность и становится ориентированным. Такие нити имеют структуру ядро-оболочка, причем оболочка состоит из политетрафторэтилена. Они обладают свойствами, подобными свойствам нитей из фторопласта (высокими хемостойкостью и гидрофобностью, низким коэффициентом трения). Новизна разработки защищена двумя патентами РФ на изобретение [2,3]. Нами было предложено использование фторопластового покрытия для закрепления наночастиц магнетита и придания нитям антимикробных свойств.

В настоящей работе проведены исследования, направленные на получение и исследование свойств полипропиленовых нитей с фторопластовым покрытием, допированным наночастицами магнетита.

Формовочную препарацию для модифицирования нитей получали в несколько этапов. На первом этапе синтезировали магнетит, в водную суспензию которого для снижения агрегации наночастиц добавляли стеарат натрия. Состав обрабатывали ультразвуком, вводили СФ-4Д и другие компоненты.

Были получены полипропиленовые нити со сформированным на поверхности каждого филамента покрытием на основе суспензии фторопласта 4Д, содержащим магнетит.

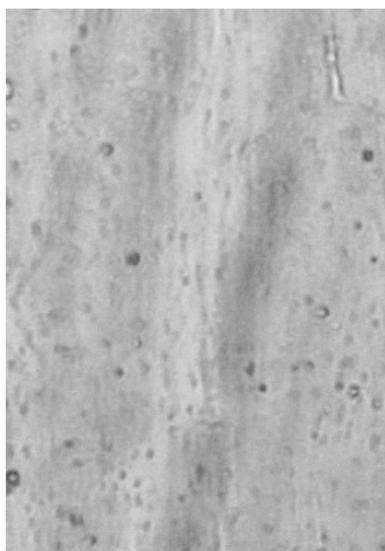
Формование нитей проводили на лабораторном стенде СФПВ-1 [4]. Состав для модификации с заданными количествами политетрафторэтилена и магнетита наносили на горячие полипропиленовые нити на стадии замасливания на первой и второй замасливающих шайбах.

Таблица 1

Физико-механические характеристики полипропиленовых нитей, с фторопластовым покрытием, содержащим магнетит

Содержание основных компонентов формовочной препарации				Удельная разрывная нагрузка, сН/текс	Относительное удлинение, %
магнетит, %	Суспензия фторопласта 4Д, %	Стеарат натрия, %	Замасливатель, %		
-	-	-	-	51,1 ± 2,3	40,0 ± 1,9
0,4	3,0	0,5	-	60,6 ± 2,7	43,4 ± 2,4
0,5	9,0	1,0	-	50,7 ± 2,0	40,4 ± 1,4
0,7	7,5	-	-	65,1 ± 3,9	38,0 ± 3,2
1	10,0	-	10	53,5 ± 2,0	52,4 ± 1,3
1,5	7,5	1,4	10	62,6 ± 2,1	41,0 ± 3,0
3	9,6	7,0	25	55,4 ± 0,9	31,6 ± 2,7
7,5	6,0	1,0	-	59,9 ± 2,5	50,1 ± 2,5

После формования и нанесения суспензии фторопласта нити подвергали ориентационному вытягиванию и термостабилизации с использованием стенда ОСВ-1. Физико-механические характеристики модифицированных нитей приведены в табл. 1,2. Во всех случаях нити обладали высокой удельной разрывной нагрузкой, но довольно высоким разрывным удлинением. Снизить удлинение за счет увеличения кратности вытягивания не удалось из-за высокой обрывности нитей, обусловленной наличием агрегатов магнетита и неравномерным нанесением состава на поверхность нитей. Используемую для получения нитей препарацию также наносили на полипропиленовую пленку, которую вытягивали в 5 раз на стенде ОСВ-1 при 120 °С. Были получены микрофотографии поверхности пленки (рис. 1), на которых хорошо просматриваются агрегаты магнетита размером до нескольких мкм.



а

б

Рис. 1. Микрофотография пленки с фторопластовым покрытием, содержащим 1% магнетита, без обработки ультразвуком. Увеличение 400 раз.

Водную суспензию, содержащую дисперсию политетрафторэтилена, стеарат натрия и магнетит, подвергали ультразвуковой (УЗ) обработке с использованием низкочастотного ультразвукового диспергатора типа УЗДН-2Т в термостатируемом сосуде при частоте $f = 22$. Время экспозиции составляло 2 минуты. Процессы формования при использовании такой подготовки протекали стабильнее, обрывность при ориентационном вытягивании была значительно меньше. На приборе «Analyzette 22 Contrast» были определены размеры частиц формовочной подготовки без обработки и после обработки ультразвуком. На рис. 2 приведены данные дисперсионного анализа, свидетельствующие о том, что, как в необработанной ультразвуком, так и в обработанной подготовке количество и размер частиц примерно одинаков. Это связано с присутствием в составе частиц политетрафторэтилена, которые под воздействием ультразвука не разрушаются и свой размер не изменяют.

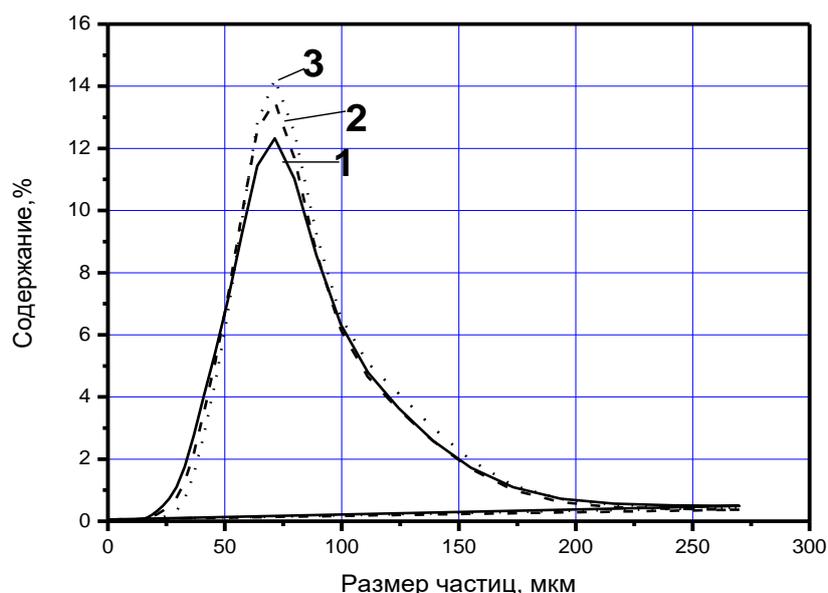


Рис. 2. Распределение по размерам частиц, содержащихся в формовочной подготовке: 1 - после УЗ-обработки; 2 - без УЗ-обработки; 3 - через 5 дней после УЗ-обработки.

В табл.2 приведены основные полуцикловые характеристики полипропиленовых нитей с фторопластовым покрытием, полученных с использованием формовочной подготовки, обработанной ультразвуком.

Таблица 2

Физико-механические характеристики полипропиленовых нитей с фторопластовым покрытием, содержащим магнетит.

Содержание основных компонентов формовочной подготовки				Удельная разрывная нагрузка, сН/текс	Относительное удлинение, %
магнетит, %	Суспензия фторопласта 4Д, %	Стеарат натрия, %	Замасливатель, %		
-	-	-	-	51,1 ± 2,3	40,0 ± 1,9
0,5	7,5	-	-	51,1 ± 1,9	40,1 ± 1,9
0,7	7,5	-	-	52,7 ± 2,0	35,0 ± 1,7
1,0	7,5	1,0	-	57,7 ± 2,0	32,0 ± 1,7
1,5	7,5	1,4	10	76,9 ± 4,0	32,5 ± 2,0
1,5	12,0	2,0	10	69,9 ± 1,0	40,3 ± 1,4
3	9,6	7,0	25	69,0 ± 3,0	26,9 ± 1,7

Анализ данных, приведенных в табл. 2, показывает, что обработка подготовки ультразвуком позволяет получить более прочные нити. При введении в формовочную подготовку замасливателя прочность нити возрастает на 40-50 % (три нижние строки табл. 2). Увеличение прочности нити можно объяснить тем, что обработанная ультразвуком подготовка лучше смачивает поверхность нити, образуется более равномерное по толщине покрытие, при получении и вытягивании такой нити образуется меньшее количество микродефектов. На микрофотографиях пленки с нанесенной подготовкой, обработанной ультразвуком, и подвергнутой вытягиванию на ОСВ-1 (при температура вытягивания 120 °С и кратности 5), видно ровное и гладкое покрытие без посторонних вкраплений (рис. 2).

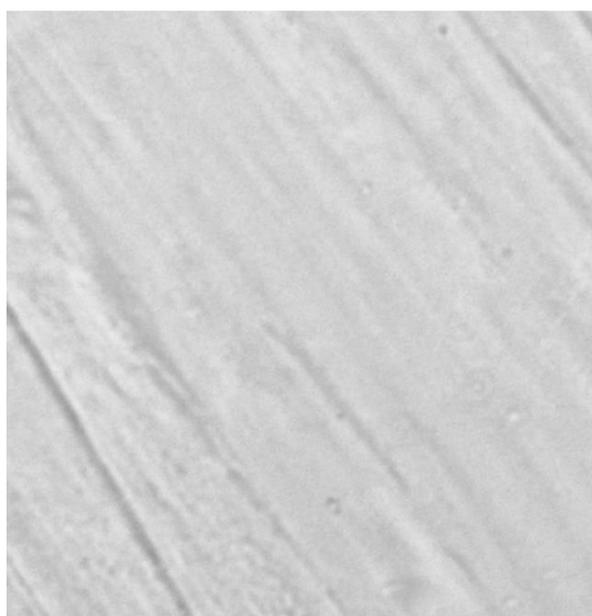


Рис. 2. Микрофотография пленки с фторопластовым покрытием, содержащим 1 % магнетита, обработанной ультразвуком. Увеличение 400 раз.

Таким образом, методом осаждения из раствора получены частицы магнетита, стабилизированные стеаратом магния. Получены комплексные полипропиленовые нити с

фторопластовым покрытием, содержащим стабилизированные частицы магнетита. Изучено влияние состава формовочной подготовки на процессы формирования и ориентировочного вытягивания, а также на физико-механические свойства нитей. Установлено, что введение в формовочную подготовку на основе дисперсии политетрафторэтилена и магнетита замасливателя и дальнейшая обработка такой подготовки ультразвуком позволяет получить высококачественное покрытие на поверхности каждого отдельного филамента. Удельные разрывные нагрузки комплексных полипропиленовых нитей с фторопластовым покрытием, допированным магнетитом, на 40-50 % выше, чем у немодифицированных нитей.

Исследование проводилось при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (госконтракт № 01201260484).

ЛИТЕРАТУРА

1. Prorokova N.P., Vavilova S.Y., Bouzник V.M. A novel technique for coating polypropylene yarns with polytetrafluoroethylene // Journal of Fluorine Chemistry. - 2017. - V. 204. – P. 50 – 58.
2. Пророкова Н.П., Вавилова С.Ю., Кумеева Т. Ю., Морыганов А.П., Бузник В.М. Синтетические нити с высокой хемостойкостью и низким коэффициентом трения. Патент РФ на изобретение №2522337, заявка № 2012153927/05 от 14.12.2012, зарегистрировано в Госреестре 16 мая 2014 г. Опубликовано 10.07.2014, Бюл. №19.
3. Пророкова Н.П., Вавилова С.Ю., Кумеева Т. Ю., Морыганов А.П., Бузник В.М. Способ получения синтетических нитей. Патент РФ на изобретение №2522338, заявка № 2012153928/05 от 14.12.2012, зарегистрировано в Госреестре 16 мая 2014 г. Опубликовано 10.07.2014, Бюл. №19.
4. Вавилова С.Ю., Пророкова Н.П., Пикалов А.П. Влияние условий формирования и ориентационного вытягивания полипропиленовой нити на её физико-механические свойства // Известия ВУЗов. Технология легкой промышленности. – 2011. – Т. 12, № 3. – С. 17 – 20.

**РАЗРАБОТКА ОГНЕ- И ТЕРМОСТОЙКОЙ ТКАНИ С ЭФФЕКТОМ
ЭКРАНИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ**

**DEVELOPMENT OF FIRE- AND HEAT-RESISTANT FABRIC WITH THE EFFECT OF
SHIELDING ELECTROMAGNETIC RADIATION**

П.Е. Сафонов, Н.М. Левакова, Е.М. Горынина
P.E. Safonov, N.M. Levakova, E.M. Gorynina

ООО «ТЕКС-ЦЕНТР», (Москва)
TEKS-CENTRE Ltd, (Moscow)
E-mail info@teks-centre.ru

Представлены результаты разработки защитной огне- и термостойкой ткани, предназначенной для пошива специальной экранирующей одежды. Костюмы с использованием разработанной ткани могут быть использованы для эффективной защиты от электрических полей промышленной частоты (50 Гц), в том числе наведенного напряжения, а также для защиты от электромагнитного излучения радиочастотного диапазона.

Ключевые слова: метаарамидная пряжа, электропроводящие термостойкие нити, двухслойная ткань, физико-механические свойства, экранирующие свойства.

The results of development of the protective fire- and heat-resistant fabric intended for tailoring of special shielding clothes are presented. Suits using the developed fabric can be used for effective protection against electric fields of industrial frequency (50 Hz), including induced voltage, as well as for protection against electromagnetic radiation of the radio frequency range.

Keywords: metaaramide yarn, electrically conductive heat-resistant threads, two-layer fabric, physical and mechanical properties, shielding properties.

Известно, что длительное воздействие электромагнитного излучения (ЭМИ) оказывает вредное воздействие на организм человека, в том числе вызывает повышенную утомляемость, боли в области сердца, изменение кровяного давления и пульса [1]. С другой стороны существует опасность поражения током персонала, обслуживающего высоковольтное электрическое оборудование. В наибольшей степени опасности поражения электрическим током подвергается персонал, работающий в условиях воздействия электрических полей промышленной частоты (ПЧ) закрытых распределительных устройств (ЗРУ), открытых распределительных устройств (ОРУ), воздушных линий электропередачи (ВЛ) и контактных сетей (КС) железных дорог.

Таким образом, цель исследовательской работы заключалась в проектировании ткани, обеспечивающей защиту от электрических полей промышленной частоты (50 Гц), в том числе наведенного напряжения и дополнительную защиту от электромагнитных полей радиочастотного диапазона (до 2 ГГц). Проектируемая ткань должна быть пригодна для изготовления верха индивидуальных экранирующих комплектов спецодежды и отвечать основным требованиям ГОСТ 12.4.172-2014 [2], а также выпускаться в огне- и термостойком исполнении.

В соответствие с требованиями стандарта защитная костюмная экранирующая ткань должна быть: 1) изготовлена с включением электропроводящих нитей в системе основы и утка; 2) иметь высокую электрическую проводимость; 3) обладать заданным коэффициентом экранирования электрического поля промышленной частоты; 4) обладать заданной разрывной нагрузкой при растяжении и заданной раздирающей нагрузкой; 5) обладать огнестойкими свойствами; 6) выдерживать 10 циклов машинной стирки и (или) 10 циклов химической чистки без изменения своих защитных свойств; 7) обладать заданной устойчивостью при истирании; 8) иметь заданную воздухопроницаемость и т.д.

Исходя из требований, предъявляемых к защитной костюмной ткани, обзора и анализа имеющейся патентно-технической информации [3-6], периодической литературы [7-8] был сделан рациональный выбор сырьевого состава и структуры ткани. Экранирующую костюмную ткань предложено изготавливать двухслойным переплетением, при этом внешний (лицевой) слой должен состоять из метаарамидной пряжи 16,7х2 текс (№ 60/2) с включением антистатических волокон, а внутренний (изнаночный) слой должен содержать комбинированные электропроводящие нити, состоящие в свою очередь из метаарамидной пряжи сердечника 16,7 текс (№ 60/1) и металлической микропроволоки в оплетке.

Использование сочетания метаарамидной пряжи и электропроводящих нитей в составе ткани позволяет обеспечить высокие огне- и термостойкие свойства и придать ткани свойства электропроводности. При выборе пряжи для изготовления защитной ткани было установлено, что кислородный индекс метаарамидной пряжи оставляет 28-30%, а значит, использование данной пряжи не будет способствовать распространению пламени, характер горения будет самозатухающим [9].

В качестве термостойких электропроводящих нитей предложено использовать так называемые мишурные нити, состоящие из метаарамидной одиночной пряжи в качестве сердечника и медной посеребренной или стальной проволоки в качестве электропроводящей оплетки. Содержание металлической проволоки в составе комбинированной нити может находиться в пределах от 60 до 80%, в зависимости от используемого вида металла, диаметра проволоки и линейной плотности пряжи-сердечника.

Фотографии термостойких электропроводящих нитей представлены на рис. 1. Как видно из рис. 1 метаарамидную одиночную пряжу предложено обкручивать либо медной посеребренной, либо стальной проволокой в одном или двух противоположных направлениях.

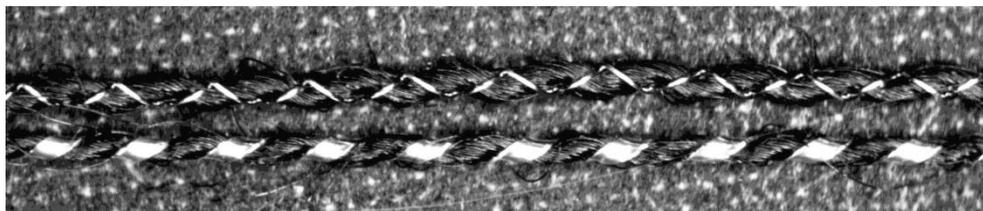


Рис. 1 Фотографии комбинированных термостойких электропроводящих нитей: сверху – двойная оплетка сталью, внизу – одиночная оплетка медной посеребренной плющеной проволокой

Комбинированные термостойкие электропроводящие (мишурные) нити вводятся в изнаночный слой экранирующей ткани с определенным шагом, который согласно ГОСТ 12.4.172-2014 должен быть не более 1х1 мм. На рис. 2 представлена схема расположения нитей в изнаночном слое ткани.

Спроектированная двухслойная экранирующая ткань изготавливается на бесчелночных станках, оснащенных ремизоподъемной кареткой и, по меньшей мере, двухцветным механизмом смены утка. Ткань после снятия со станка подвергается заключительной отделке, в результате которой наносится маслородоотталкивающая пропитка. Ткань может выпускаться в различных цветах по желанию заказчика, при этом для получения заданного цвета используется уже окрашенная метаарамидная пряжа.

Далее были исследованы показатели физико-механических свойств двухслойной экранирующей ткани. В табл. 1 представлены результаты испытаний физико-механических свойств экранирующей ткани, при проведении испытаний применялись общепринятые стандарты и методики, современное лабораторное оборудование. Физико-механические свойства ткани определялись в суровом и готовом виде.

Изучались и сравнивались показатели физико-механических свойств для двух образцов экранирующих тканей, отличающихся друг от друга материалом микропроволоки, используемой в составе комбинированных электропроводящих нитей.

Таблица 1

Значения показателей физико-механических свойств экранирующей двухслойной ткани

Наименование показателя	Требование ГОСТ Т	Обозначение образца			
		Суровый		Готовый	
Материал микропроволоки	-	М едь	С таль	М едь	Ста ль
Ширина ткани, см	-	156,6	152,6	156,3	153,8
Поверхностная плотность, г/м ²	300±10	289,8	296,5	288,1	281,8
Толщина ткани, мм	-	0,648	0,643	0,593	0,634
Разрывная нагрузка полоски ткани (50x200)мм, Н	Не менее 800				
по основе	Не менее 800	1432,3	1557,8	1449,9	1611,8
по утку	800	1428,3	1549,0	1553,9	1580,4
Удлинение при разрыве полоски ткани (50x200)мм, %					
по основе	-	33,2	34,2	31,0	34,0
по утку	-	27,0	25,8	27,5	23,9
Раздирающая нагрузка ткани (50x200)мм, Н	Не менее 40				
по основе	Не менее 40	157,0	127,5	169,7	172,7
по утку	40	131,5	121,6	142,2	130,5
Воздухопроницаемость, дм ³ /м ² с	Не менее 30	432	328	346	315
Истирание, циклы	Не менее 4000	5703	6344	6652	6770
Изменение размеров ткани после 10 циклов машинной стирки, %	Не более ±3				
по основе	Не более ±3	-	-	-2,4	-3,5
по утку	±3	-	-	-2,5	-3,8
Изменение размеров ткани после 10 циклов химической чистки, %	Не более ±3				
по основе	Не более ±3	-	-	0	-1,0
по утку	±3	-	-	0	+0,5

При анализе данных табл. 1 установлено, что разработанная ткань по показателям разрывной и раздирающей нагрузки с большим запасом удовлетворяет требованиям ГОСТ. При этом ткань в готовом виде имеет поверхностную плотность на уровне 282...288 г/м², что даже меньше требуемых 300±10 г/м², а значит, из разработанной ткани можно пошить более легкие и удобные костюмы без ухудшения их защитных свойств. Отметим, что разработанная ткань имеет высокую устойчивость при истирании и имеет воздухопроницаемость на порядок выше, чем минимально допустимое нормативное значение, что позволяет изготовить комфортные защитные костюмы для работы в летних условиях.

Далее рассмотрим такой показатель, как удельное поверхностное электрическое сопротивление ткани (испытания по ГОСТ 19616-74 [10]). Установлено, что поверхностное сопротивление лицевой стороны ткани не превышает 10^5 Ом. Это значит, что лицевой слой, благодаря включению в метаарамидную пряжу антистатических волокон, может быть классифицирован по ГОСТ 11209-2014 [11], как обладающий антиэлектростатическими свойствами (поверхностное сопротивление не превышает 10^7 Ом). Поверхностное сопротивление изнаночной стороны, как и ожидалось, еще меньше и находится на уровне 10^2 - 10^3 Ом. Таким образом, разработанная экранирующая ткань обладает высокой электропроводностью.

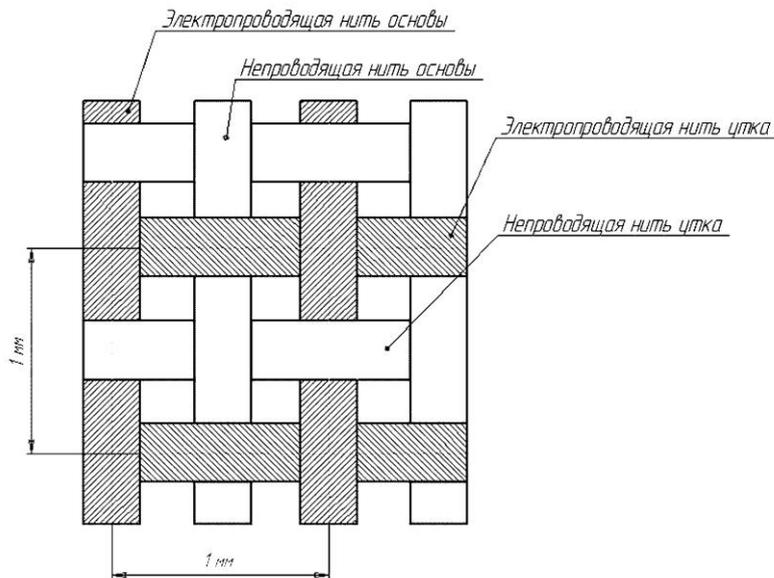


Рис. 2. Схема ячейки, образованной электропроводящими нитями основы и утка изнаночного слоя ткани

Оценим экранирующие свойства разработанной ткани. Для оценки эффективности разработанной ткани от полей промышленной частоты были изготовлены индивидуальные защитные костюмы. Определение коэффициента экранирования электрического поля промышленной частоты 50 Гц осуществлялось с использованием стенда по моделированию коронного разряда постоянного тока. В ходе испытаний увеличение уровня напряженности электрического поля осуществлялось ступенчато от 8 до 95 кВ/м (14 ступеней).

Установлено, что усредненный коэффициент экранирования при расположении манекена «лицом» вверх составляет 49 дБ, а при расположении манекена «спиной» вверх 78 дБ при требовании ГОСТ 12.4.172-2014 не менее 30 дБ. Разница в эффективности экранирования между «лицом» и «спиной» манекена может быть обусловлена конструкцией защитного костюма.

Для оценки эффективности экранирующей ткани в радиочастотном диапазоне (300 кГц...7 ГГц, 10 ГГц и 16 ГГц) были проведены соответствующие испытания. На рис. 3 представлены результаты измерений коэффициентов прохождения ЭМИ в диапазоне частот 300 кГц...7 ГГц, измерения проводились в коаксиальном тракте, обеспечивающим распространение волны ТЕМ-моды.

Установлено, что при частоте излучения 300 кГц коэффициент прохождения составляет -80 дБ, что свидетельствует о высокой экранирующей способности. С увеличением частоты излучения эффективность экранирования ткани снижается по закону, близкому к линейному (по мощности ЭМП), что обусловлено ячеистой структурой расположения электропроводящих нитей в ткани. При частотах излучения свыше 2 ГГц коэффициент прохождения становится более -30 дБ, т.е. использование разработанной ткани становится малоэффективным.

На частотах 10 и 16 ГГц были проведены измерения $K_{\text{прох.}}$ в секции прямоугольного волновода на основной моде H_{10} при нормальном падении электромагнитной волны на образец, полностью заполняющий сечение тракта. Установлено, что на частотах 10 и 16 ГГц коэффициент прохождения составляет -20 и -16 дБ, соответственно. Для повышения степени экранирования в высокочастотном диапазоне необходимо уменьшить расстояние между электропроводящими нитями в структуре ткани.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что разработанная ткань может обеспечить эффективную защиту от излучения радиочастотного диапазона вплоть до 2 ГГц и защиту от полей промышленной частоты (50 Гц), в том числе наведенного напряжения.

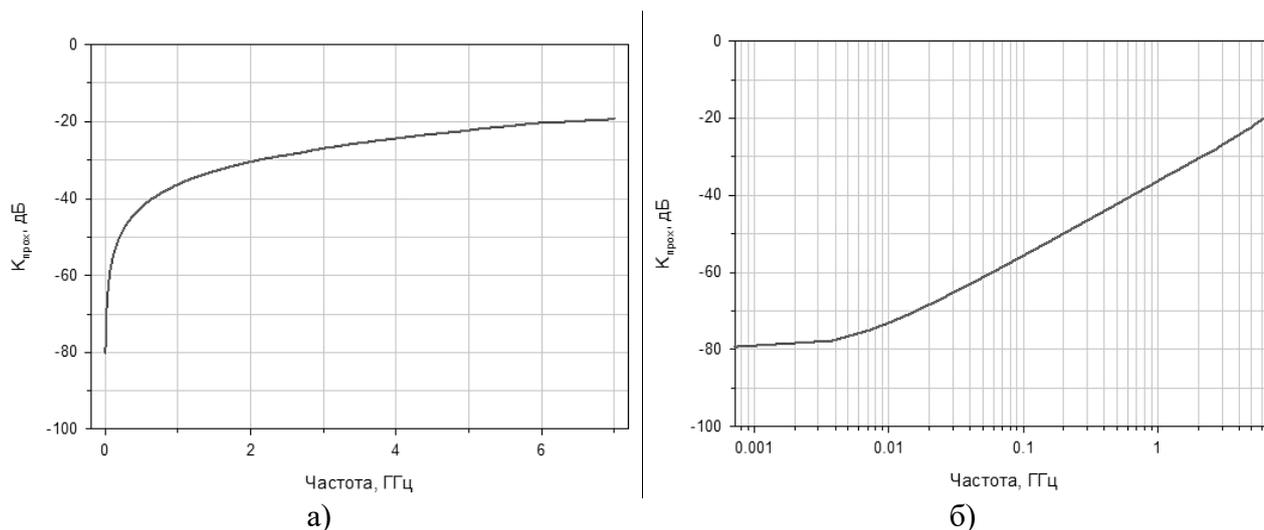


Рис. 3. Частотная зависимость коэффициента прохождения ЭМИ для образца экранирующей ткани: а) линейный режим; б) логарифмический режим

ЛИТЕРАТУРА

1. Рубцова Н.Б., Пальцев Ю.П. Обеспечение сохранения здоровья работающих в условиях воздействия электромагнитных полей промышленной частоты – Режим доступа: <http://energoform.ru/files/pdf/4.pdf>
2. ГОСТ 12.4.172-2014. Система стандартов безопасности труда. Комплект индивидуальный экранирующий для защиты от электрических полей промышленной частоты. Общие технические требования и методы испытаний.
3. Левакова Н.М., Пазина И.П., Горынина Е.М., Фатхутдинов Р.Х., Тарасов Л.А., Комлев Р.А. Ткань для специальной одежды / Пат. № 2229544 РФ, МПК D03D1/00; подача заявки: 26.03.2003; публикация патента: 27.05.2004.
4. Smeulders B. Fabric for protective clothing and protective clothing. Пат. № EP2418309 A2; МПК D03D1/00, A41D31/00, D03D15/12, A62B17/00, D03D13/00; Заявка EP20110174836, Заявитель IBENA Textilwerke Beckmann GmbH, Заявлен 21.07.2011, Дата публикации 15.02.2012.
5. Masanobu Takahashi, Keita Tasaki, Takashi Tamura. Fireproof fabric and fireproof clothing including same. Пат. № EP2402488 A1; МПК A41D31/00, D03D13/00, D03D15/12, D02G3/44; Заявка EP20100766896, Заявитель The Japan Wool Textile Co., Ltd., SABIC Innovative Plastics IP B.V., Заявлен 23.02.2010, Дата публикации 04.01.2012.
6. Meng Ming, Qilu. Electromagnetic wave shielding fabric and manufacturing method thereof. Пат. № CN 102618994; МПК D06M15/643, D02G3/04, D03D15/00, D06M15/227, D03D15/02, D06M15/55, D02G3/12, D06M15/53; Заявка CN 201210122371, Заявитель Tianjin Polytechnic University, Заявлен 25.04.2012, Дата публикации 01.08.2012.
7. Rybicki T., Brzezinski S., Lao M., Krawczynska I. Modeling Protective Properties of Textile Shielding Grids Against Electromagnetic Radiation. FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe 2013; 21, 1(97): pp. 78-82.

8. Николаев С.Д., Сильченко Е.В. Исследование экранирующих свойств тканей // Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ-2014): сборник материалов Международной научно-технической конференции. Часть 1. – М.: ФГБОУ ВПО «МГУДТ», 2014. – С. 33-36.
9. Перепелкин К.Е. Армирующие волокна и волокнистые полимерные композиты. — СПб.: Научные основы и технологии, 2009. — 380 с.
10. ГОСТ 19616-74 Ткани и трикотажные полотна. Метод определения удельного поверхностного электрического сопротивления (с Изменениями № 1, 2, 3, 4).
11. ГОСТ 11209-2014 Ткани для специальной одежды. Общие технические требования. Методы испытаний.

ПРОЧНОСТЬ ХЛОПЧАТОБУМАЖНОЙ ПРЯЖИ ПРИ ЕЕ ДВИЖЕНИИ

STRENGTH OF COTTON YARN UNDER ITS MOTION

К.С.Султанов¹, С.И.Исмоилова², Ш.Э.Туланов²
 K.S.Sultanov¹, S.I.Ismoilova², Sh.E.Tulanov²

¹Институт механики и сейсмостойкости сооружений
 имени М.Т. Уразбаева, (г. Ташкент, Узбекистан)

²Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности, (Узбекистан)

¹Institute of Mechanics and Seismic Stability of Structures
 after M.T. Urazbaev (Tashkent, Uzbekistan)

²Tashkent Institute of Textile and Light Industry (Uzbekistan)

E-mail: sultanov.karim@mail.ru, ismailova.sabida@mail.ru

На основе предложенного физически нелинейного закона деформирования хлопчатобумажной пряжи определена динамическая прочность пряжи в зависимости от ее скорости движения (скорости деформирования) и механических характеристик. Установлено, что увеличение скорости деформирования пряжи при ее растяжении приводит к увеличению прочности до 50%.

Ключевые слова: хлопчатобумажная пряжа; модули растяжения; скорость движения пряжи; скорость деформирования; механические свойства; прочность.

Based on the proposed physically nonlinear law of cotton yarn strain, dynamic strength of the yarn is determined depending on its rate of motion (strain rate) and mechanical characteristics. It is established that an increase in the strain rate of the yarn under extension leads up to 50% increase in strength.

Keywords: cotton yarn; tensile moduli; rate of yarn motion; strain rate; mechanical properties; strength.

Фундаментальные и прикладные вопросы определения, оценки и прогноза прочности текстильных нитей и пряж рассмотрены в [1-3]. Следуя идеям [1], в [4] проведены эксперименты по растяжению хлопчатобумажной пряжи (далее – пряжа) до обрыва, где измерялись значения растягивающей силы F , в сН и относительная деформация удлинения ε , в %. Полученные диаграммы растяжения пряжи $F(\varepsilon)$ являются экспериментальными законами деформирования пряжи. Используя опытные значения разрывного усилия в [5,6], определены также удельная разрывная прочность пряжи P_{II} в сН/текс для пряж с различными линейными плотностями.

На основе результатов экспериментов [4] и их анализа в [5] предложен физический нелинейный упруговязкопластический закон деформирования пряжи при ее растяжении до обрыва. На основе разработанного закона, получена формула для определения прочности пряжи при растяжении до обрыва, с учетом скорости ее деформирования [6].

Известно, что с увеличением скорости деформирования, при нагружении пряжи, сопротивление к растяжению волокнистого материала растет [7], следовательно, увеличивается прочность пряжи. Анализ существующих результатов экспериментов по динамическому нагружению различных нитей показывает, что сопротивление материала при увеличении скорости нагружения (скорости деформации) увеличивается от 1,1 до 4 раз [7]. Это обстоятельство требует разработки методов определения, оценки и прогноза прочности пряжи при ее движении в технологических процессах текстильного производства.

В [5] предложен физически нелинейный упруго-вязкопластический закон деформирования пряжи в виде

$$\frac{d\sigma}{E_D(\varepsilon)dt} + \mu(\varepsilon)\frac{\sigma}{E_S(\varepsilon)} = \frac{d\varepsilon}{dt} + \mu(\varepsilon)\varepsilon \quad \text{при} \quad \frac{d\varepsilon}{dt} > 0 \quad \varepsilon < \varepsilon_k \quad (1)$$

$$\sigma = 0 \text{ при } \varepsilon \geq \varepsilon_k$$

где σ – продольное растягивающее напряжение (далее напряжение); ε – продольная относительная деформация (далее деформация); t – время; $E_D(\varepsilon)$ – динамический модуль растяжения пряжи ($\frac{d\varepsilon}{dt} \rightarrow \infty$); $E_S(\varepsilon)$ – статический модуль растяжения пряжи ($\frac{d\varepsilon}{dt} \rightarrow 0$), эти модули являются функциями деформации ε ; $\mu(\varepsilon)$ – функция параметра вязкости пряжи, который связан с коэффициентом вязкости (внутреннего трения) пряжи соотношением

$$\mu = \frac{E_D(\varepsilon)E_S(\varepsilon)}{[E_D(\varepsilon) - E_S(\varepsilon)]\eta} \quad (2)$$

Предполагается, что $E_D(\varepsilon)/E_S(\varepsilon) = \gamma > 1$; ε_k – критическое значение деформации при которой пряжа обрывается и напряжение мгновенно падает до нуля; $\frac{d\varepsilon}{dt} = \varepsilon_t$ – скорость деформирования пряжи при растяжении.

При $\varepsilon = \varepsilon_k$, $t = t_k$, $\varepsilon_t = \frac{d\varepsilon}{dt} = const$ из (1) получена формула для определения удельной прочности пряжи [6] в следующем виде

$$P_{II} = 0,0667E_{Sk}(\varepsilon_{tk} + \mu_k\varepsilon_k)(1 - \exp(-\mu_k\gamma_k t_k))/\mu_k \quad (3)$$

где E_{Sk} – значение функции $E_S(\varepsilon)$ при $\varepsilon = \varepsilon_k$, ε_{tk} – значение скорости деформирования пряжи ε_t при $t = t_k$, γ_k – значение γ при $\varepsilon = \varepsilon_k$, μ_k – значение μ при $\varepsilon = \varepsilon_k$.

Зависимость $E_S(\varepsilon)$, полученная из результатов экспериментов сложно нелинейная [5]. Она имеет 9 параметров, которые зависят от линейной плотности пряжи. Значения этих параметров определяются из соотношений, установленных на основе анализа опытных данных [4]. Методы определения параметров и функций уравнений (1), (3) приведены в [5-7].

Например, для уравнений (3) параметры E_{Sk} , ε_k и t_k определяются из соотношений

$$E_{Sk} = E_{kk}(T/T_S)^{\chi^5}, \quad \varepsilon_k = a_k + b_k T, \quad t_k = a_{tk} + b_{tk} T \quad (4)$$

где $E_{kk} = 2222,35$ МПа; $\chi^5 = -0,365873$; $a_k = 0,056204$; $b_k = 0,000453$ текс⁻¹; $a_{tk} = 3,578985$ с; $b_{tk} = 0,024199$ с/текс; T – линейная плотность пряжи; $T_S = 50$ текс – параметр обезразмеривания,

$$\gamma_k = \gamma_m + (\gamma_m - \gamma_N)(\varepsilon_{tk}/\mu_k)^\omega$$

$$\mu_k = \mu_N/\gamma_m \quad (5)$$

где γ_N – начальное значение γ при $\varepsilon_{tk} \rightarrow 0$; γ_m – максимальное значение γ при $\varepsilon_{tk} \rightarrow \infty$; $\omega = 0,1$; μ_N – начальное значение μ , а μ_k – значение μ при $\varepsilon = \varepsilon_k$.

Согласно анализу опытных данных [7], значения $\gamma_N = 1,1$; $\gamma_m = 4$.

Скорость движения пряжи на ткацких станках изменяется от 10 м/с до 40 м/с и более [8]. Учитывая, что скорость движения пряжи v и скорость деформирования ε_t связаны соотношением

$$v = l_0 \varepsilon_t \quad (6)$$

можно определить пределы изменения скорости деформирования, при базовой длине пряжи $l_0 = 0,5$ м, равными $\varepsilon_t = 5-80$ с⁻¹. В квазистатических опытах ε_t [4] скорость деформирования равнялась $\varepsilon_t = 0,015$ с⁻¹, при скорости движения пряжи $v = 0,0075$ м/с = 7,5 мм/с.

Как видно, в экспериментах достаточно низкая скорость движения пряжи по сравнению с движением на ткацких станках. Прочность пряжи определяется по уравнению (1), используя численный метод конечных разностей и по уравнению (3), непосредственным вычислением. Хорошее соответствие результатов расчетов по уравнениям (1) и (3) к опытным данным показано в [6]. Здесь рассмотрим влияние скорости деформирования на значение удельной прочности (в дальнейшем прочности) пряжи P_{II} при различных значениях линейной плотности T .

Для проведения расчетов по формуле (3) необходима скорость деформирования пряжи $\varepsilon_t = d\varepsilon/dt$. Значения которой определяется как $\varepsilon_t = \varepsilon_k / t_k$, с использованием соотношений (4). В этом случае скорость деформирования ε_t постоянная и прочность пряжи определяется приблизительно для одной точки диаграммы $F(\varepsilon)$.

Для определения прочности пряжи по формуле (1) задается изменение деформации по времени по линейному закону

$$\varepsilon = \varepsilon_t t, \quad \varepsilon_t = \varepsilon_k / t_k, \quad 0 \leq t \leq t_k \quad (7)$$

Далее с использованием метода конечных разностей уравнение (1) приводится к алгебраическому, и определяется значение σ для $0 \leq t \leq t_k$. Значение $\sigma = \sigma_k$ при $t = t_k$ и $\varepsilon = \varepsilon_k$ определяет прочность пряжи $P_{II} = 0,0667 \sigma_k$ в сН/текс. Главным отличием уравнений (1) и (3) от существующих методов (А.Н.Соловьева и других) является учет скорости деформирования пряжи при растяжении до обрыва ε_t и они основаны на интегральных параметрах, характеризующих механические свойства пряжи: E_D , E_S , μ , ε_k , t_k .

В расчетах по уравнению (1) изменения функции параметра вязкости $\mu(\varepsilon)$ принять в виде [7]

$$\mu(\varepsilon) = \mu_N \exp(-\alpha \varepsilon / \varepsilon_k), \quad \alpha = \ln(\mu_N / \mu_k) \quad (8)$$

Согласно (8) при растяжении пряжи значение μ уменьшается от μ_N до μ_k , соответственно значение η – коэффициента вязкости (внутреннего трения) – растет.

В расчетах принято $\gamma_N = 1,1$; $\gamma_m = 2$; $\mu_N = 100 \text{ с}^{-1}$. Значения остальных параметров в (1), (3) определяются из соотношений (4)-(8).

Рассмотрим результаты расчетов. На рис.1 приведено изменение прочности в зависимости от линейной плотности пряжи. На этом рисунке кривые 1⁰-3⁰ получены по формуле (3), а кривые 1-4 по уравнению (1). Они относятся к скоростям деформирования $\varepsilon_t = 0,015 \text{ с}^{-1}$ (кривые 1⁰ и 1); $0,15 \text{ с}^{-1}$ (кривые 2⁰ и 2); $1,5 \text{ с}^{-1}$ (кривые 3⁰ и 3); 15 с^{-1} (кривая 4);

Как видно из рис.1, при низких скоростях деформирования, когда $\varepsilon_t = 0,015 \text{ с}^{-1}$ ($v = 7,5 \text{ мм/с}$), что соответствует условиям экспериментов [4], результаты по уравнениям (1) и (3) полностью совпадают. В этом случае, как показано в [6], эти кривые также удовлетворительно совпадают с результатами экспериментов [4].

Увеличение значения скорости деформирования в 10 раз (кривые 2⁰ и 2), приводит к увеличению прочности пряжи на 1-4% в зависимости от линейной плотности пряжи по формуле (1), а по формуле (3) – на 2-8%. Согласно результатам расчетов, при увеличении скорости движения пряжи на базе 0,5 м от $v = 75 \text{ мм/с}$, по формулам (1) и (3) прочность пряжи увеличивается в среднем на 1,5-6%. Однако, увеличение прочности по формуле (3) больше, чем по уравнению (1). Это объясняется тем, что по уравнению (1) учитывается процесс деформирования пряжи от $t = 0$ до $t = t_k$, по формуле (3) этот процесс не учитывается. Влияние процесса нагружения (деформирования) на прочности материалов общеизвестно [7].

Дальнейшие результаты расчетов показывают, что с увеличением скорости деформирования прочность пряжи увеличивается в среднем на 17% (кривые 1 и 3), на 44% (кривые 1 и 4)

согласно уравнению (1). По формуле (3) увеличение прочности существенно выше (28% для кривых 1⁰ и 3⁰). Эти результаты показывают, что при низких скоростях движения пряжи, примерно до $v=0,1$ м/с для определения прочности пряжи можно использовать формулу (3). При значениях скорости движения пряжи $v > 0,1$ м/с необходимо проведение расчетов по уравнению (1).

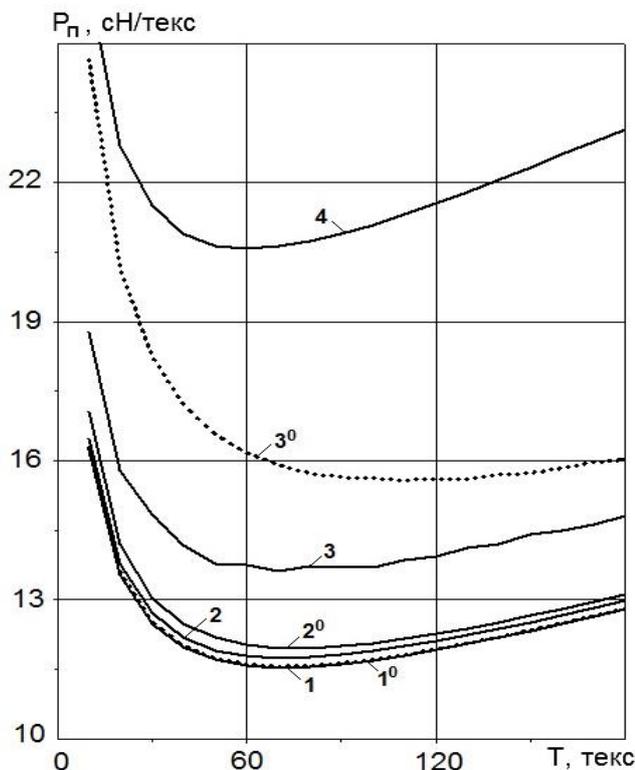


Рис.1 Изменение относительной прочности хлопчатобумажной пряжи при разных скоростях деформирования

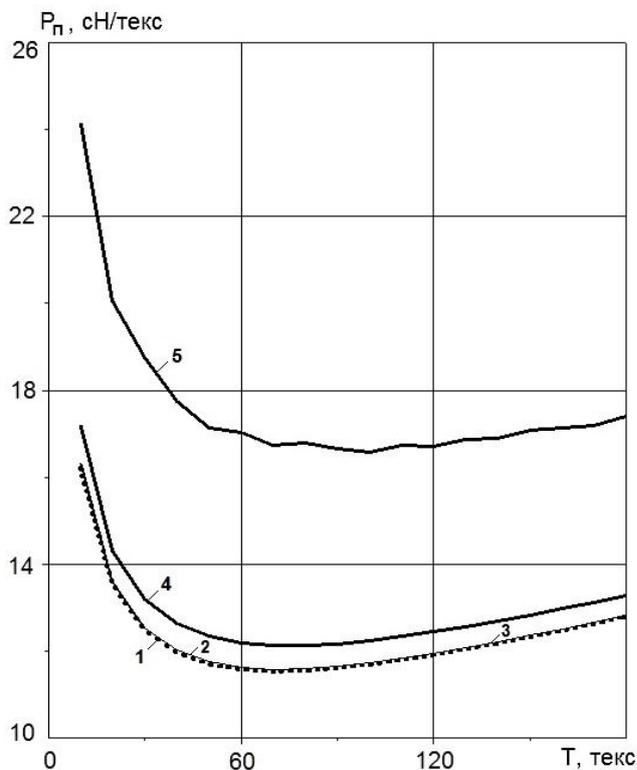


Рис.2 Влияние на относительную прочность хлопчатобумажной пряжи параметра γ

Скорость деформирования или скорость движения пряжи, согласно уравнениям (1), (3) влияет на ее прочность не только непосредственно через нагружение (7). Параметры γ и μ , которые характеризуют структурное изменение пряжи при растяжении, также могут влиять на значение ее прочности.

Изменение μ , согласно уравнению (8) зависит от начального значения этого параметра μ_N . Коэффициент вязкости (коэффициент внутреннего трения) недеформированной пряжи равен η_N или соответственно μ_N . Начальные и конечные значения γ_N и γ_m пряжи также влияют на текущее значение γ , которое определяется по формуле

$$\gamma = \gamma_m + (\gamma_m - \gamma_N)(\varepsilon_{ik} / \mu(\varepsilon))^\omega \quad (9)$$

По формулам (8) и (9) при постоянном значении скорости деформирования ε_t , в зависимости от значений параметров γ_N , γ_m и μ_N получатся разные значения прочности пряжи. Считаем, что начальное значение $\gamma_N = 1,1$ остается постоянным. Рассмотрим влияние на прочность пряжи параметров γ_m и μ_N . В зависимости от значения этих параметров, согласно (8) и (9), текущие значения μ и γ будут разными. Это означает, что разные пряжи в начале ее деформирования при $t=0$ и $\varepsilon=0$ имеют разные структурные состояния, характеризующие значениями μ_N и γ_N . Также, разные пряжи в зависимости от скорости

нагрузки (деформирования), в процессе деформирования разрушаясь перед обрывом имеют разное γ_m .

На рис.2 приведены изменения прочности пряжи в зависимости от ее линейной плотности при различных значениях γ_m .

Кривые 1-3 получены соответственно для $\gamma_m = 1,5$; 2;4 при $\varepsilon_t = 0,015 \text{ с}^{-1}$. Как видно, при такой низкой скорости деформирования, изменения γ_m от 1,5 до 4 совершенно не влияет на значение прочности пряжи с любой линейной плотностью. Увеличение скорости деформирования в 10 раз, т.е. при $\varepsilon_t = 0,15 \text{ с}^{-1}$ при $\gamma_m = 4$, прочность пряжи увеличивается в среднем на 4-5% (кривая 4, рис.2). При скорости деформирования $\varepsilon_t = 1,5 \text{ с}^{-1}$, при $\gamma_m = 4$, прочность пряжи увеличивается на 30% по сравнению с кривой 3.

Параметр γ характеризует отношение динамического модуля деформации к статическому, т.е. E_D/E_S . При увеличении γ увеличивается E_D , т.е. динамическая прочность пряжи. Увеличение γ возможно при больших значениях γ_m или при меньших γ_N . Так как γ_N считается постоянной, в расчетах варьировали значением γ_m .

Параметр μ , зависящий от своего первоначального значения μ_N , характеризует внутреннее трение пряжи при ее деформировании. Внутреннее трение или объемная вязкость пряжи создается, прежде всего, кручением хлопковых волокон в пряже, чем больше степень крутки, тем больше внутреннее сопротивление пряжи при растяжении. В процессе деформирования при растяжении пряжи, согласно (8), значение μ уменьшается, следовательно, согласно (2) внутреннее сопротивление растет.

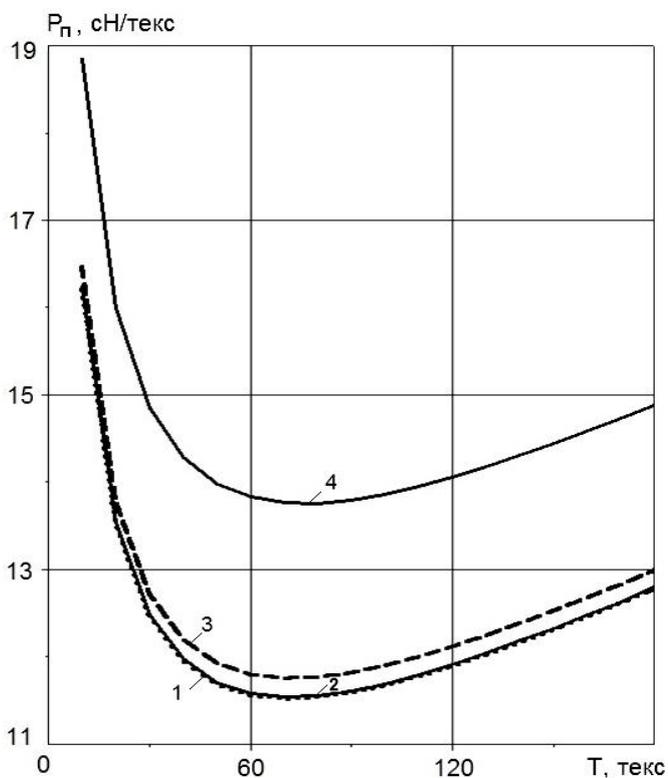


Рис.3 Влияние на относительную прочность хлопчатобумажной пряжи параметра объемной вязкости μ_N при скорости деформирования $\varepsilon_t = 0,015 \text{ с}^{-1}$

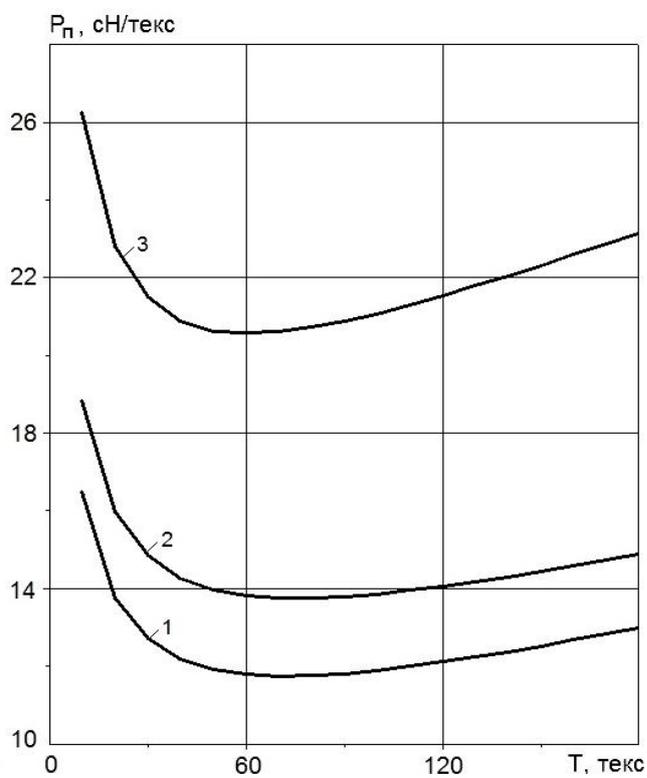


Рис.4 Влияние на относительную прочность хлопчатобумажной пряжи параметра объемной вязкости μ_N при скорости деформирования $\varepsilon_t = 0,15 \text{ с}^{-1}$

Степень этого роста зависит от значения μ_N . При $\varepsilon_t = 0,015 \text{ с}^{-1}$, $\gamma_N = 1,1$; $\gamma_m = 2$ и $\mu_N = 1000, 100, 10, 1 \text{ с}^{-1}$, изменение прочности пряжи показано на рис. 3. Как видно, при такой скорости деформирования, увеличение значения μ_N от 100 с^{-1} до 1000 с^{-1} не влияет на прочность пряжи (кривые 1 и 2). Уменьшение μ_N до 10 с^{-1} (кривая 3) приводит к увеличению прочности пряжи на 2-3%. Дальнейшее уменьшение значения μ_N до 1 с^{-1} приводит к увеличению прочности пряжи на 15-18% (кривая 4).

На рис.4 показано, что увеличение скорости деформирования на порядок $\varepsilon_t = 0,15 \text{ с}^{-1}$, при значениях $\mu_N = 100, 10, 1 \text{ с}^{-1}$, соответственно кривые 1-3, приводит к увеличению прочности пряжи в среднем на 14% , в случае кривых 1 и 2, на 40% в случае кривых 1 и 3.

Таким образом, определение прочности пряжи в зависимости от ее скорости движения в технологических процессах ткачества, возможно на основе закона деформирования (1). При скоростях движения $v \leq 0,1 \text{ м/с}$ динамическую прочность пряжи рекомендуется определять по упрощенной формуле (3).

Динамическая прочность пряжи существенно зависит от скорости движения пряжи и параметров $\gamma = E_D/E_S$ и μ , характеризующих структурное состояние пряжи. Параметры γ и μ определяют сопротивление пряжи к динамическим нагрузкам, возникающих при движении пряжи. Чем больше γ и меньше μ , тем больше динамическая прочность пряжи.

Динамическая прочность пряжи, с учетом скорости ее движения (скорости деформирования) в технологических процессах прядения, в зависимости от ее структурного состояния, может быть больше до 50% от ее статической прочности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Щербаков В.П. Прикладная и структурная механика волокнистых материалов. – М.: Тисопринт, 2013. 304 с.
2. Morton W.E., Hearle J.W.S. Physical properties of textile fibers. Fourth edition. – Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 2008. 765 p.
3. Кукин Г.Н., Соловьев А.Н. Текстильное материаловедение. Часть 2. – М.: Легкая индустрия, 1964. 380 с.
4. Султанов К.С., Исмаилова С.И., Туланов Ш.Э. Экспериментальные закономерности деформирования хлопковой пряжи при растяжении // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2016, №4 (364). С.63-67.
5. Султанов К.С., Исмаилова С.И., Туланов Ш.Э. Нелинейная упруговязкопластическая модель деформирования хлопковой пряжи при растяжении // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2016, №5 (365). С.109-115.
6. Султанов К.С., Исмаилова С.И., Туланов Ш.Э. Определение прочности хлопковой пряжи на основе нелинейной упруговязкопластической модели деформирования // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2018, №3 (375). С.95-101.
7. Султанов К.С., Исмаилова С.И. Структурная прочность текстильных нитей. – Ташкент: Фан, 2017. 256 с.
8. Алленова А.П. Автоматические ткацкие станки СТБ. М.: Легпромбытиздат, 1985. 288 с.

МУЛЬТИАКСИАЛЬНЫЕ ТКАНИ КАК ОСНОВА ДЛЯ КОМПОЗИТА OF MULTIAXIAL FABRIC AS THE BASIS FOR THE COMPOSITE

Т.Ю. Карева, Г.И. Толубеева
T.Yu. Kareva, G.I. Tolubeeva

Ивановский государственный политехнический университет
Ivanovo State Polytechnic University. Institute of Textile Industry and Fashion
E- mail: ktju@bk.ru

В статье представлен материал по исследованию строения и свойств трехосных и мультиаксиальных тканей. Проведены исследования свойств ортогональных и не ортогональных тканей в разных направлениях их строения. Предложены структуры мультиаксиальных тканей, обеспечивающие увеличение по сравнению с трехосными, прочностных показателей ткани и повышение стабильности ее размеров

Ключевые слова: мультиаксиальные, трехосные, ортогональные ткани, композит, свойства тканого полотна в разных направлениях

The article presents material on the study of the structure and properties of triaxial and multiaxial fabrics. Investigated the properties of orthogonal and non-orthogonal tissues in different directions of their structure. Structures of multiaxial tissues are proposed that provide an increase compared with triaxial strength indicators of the tissue and increase the stability of its size

Keywords: multiaxial, triaxial, orthogonal fabrics, composite, properties of the woven fabric in different directions

Соединение в единое целое разных по структуре и свойствам веществ является одним из способов создания новых материалов. Композит можно рассматривать как комбинацию разнородных материалов, обладающую специфической структурой и свойствами, которые обеспечивают наилучшие эксплуатационные свойства материала, такие, какие невозможно получить при раздельном использовании компонентов комбинации.

Текстильные материалы для создания композита различаются ориентацией волокон (нитей), видом переплетений и структурными параметрами. Геометрическая форма таких материалов изменяется в широком диапазоне – от простых плоских до пространственных многогранных структур. При проектировании текстильного композита выбор исходных материалов и технологии его получения должны соответствовать требованиям, предъявляемым к свойствам композиционного материала. В зависимости от назначения композита, способа его получения, текстильный материал должен обладать или высокой размерной стабильностью, умеренной формуемостью или способностью принимать нужную форму при глубокой вытяжке. Последние виды материалов в большей степени относятся к трикотажным полотнам и здесь нами рассмотрены не будет.

Как известно тканые изделия для композитов изготавливаются из высокомодульных волокон и нитей, которым присущи высокая прочность при растяжении, низкое предельное удлинение и высокий модуль упругости. Однако, эти волокна (нити) относятся к трудно перерабатываемым, имеющим высокую хрупкость и снижение прочности в результате повреждений в процессе переработки, например, от направляющих рабочих органов ткацкого станка, а также вследствие своего естественного изгиба при образовании элемента ткани. Хорошо известно, что высокомодульные волокна и нити плохо сопротивляются контактными, сжимающим и изгибающим напряжениям, поэтому эти волокна в ткани сохраняют не более 50% исходной прочности и жесткости.

Ортогональные ткани как основа для композита, независимо от количества систем нитей основы и утка из которых они сформированы, обладают хорошей стабильностью

размеров и высокой застилотостью. Как правило они вырабатываются переплетениями главного класса– полотняным, саржевым, атласным, а также рогожкой. Однако такие материалы имеют анизотропию свойств, ограниченную формуемость, слабое сопротивление сдвигу в плоскости и низкую реализуемость прочностных свойств волокон(нитей) в ткани по отношению к растягивающим нагрузкам. В связи с чем, все в большей степени в качестве исходных тканых материалов для получения композита используют трехосные, мультиаксиальные ткани, которые характеризуются меньшей анизотропией, повышенной сдвиговой жесткостью, более однородной формуемостью. Трехосные, мультиаксиальные ткани как основа для композита – это материалы нового поколения, имеющие широкие возможности применения в сфере человеческой деятельности. Они используются в автомобилестроении при изготовлении рам автомобилей и грузовиков, велосипедных рам и рам мотоциклов, в авиационной и космической промышленности для производства различных элементов искусственных спутников, для создания лопастей вертолетов и самолетов, для различных типов рам фюзеляжа, а также прочных и одновременно сверхлегких элементов авиационных деталей и конструкций,. Триаксиальные (мультиаксиальные) ткани применяются в медицинских целях в хирургии, стоматологии, ортопедии, в реабилитационных мероприятиях, а также в строительстве, при производстве строительных материалов и т.д.. Рассмотрим изменение свойств тканых ортогональных и не ортогональных полотен в разных направлениях их строения.

На рис. 1 представлена гистограмма свойств ортогонального тканого полотна, на рис. 2 – гистограмма свойств трехосной ткани в разных направлениях их строения.

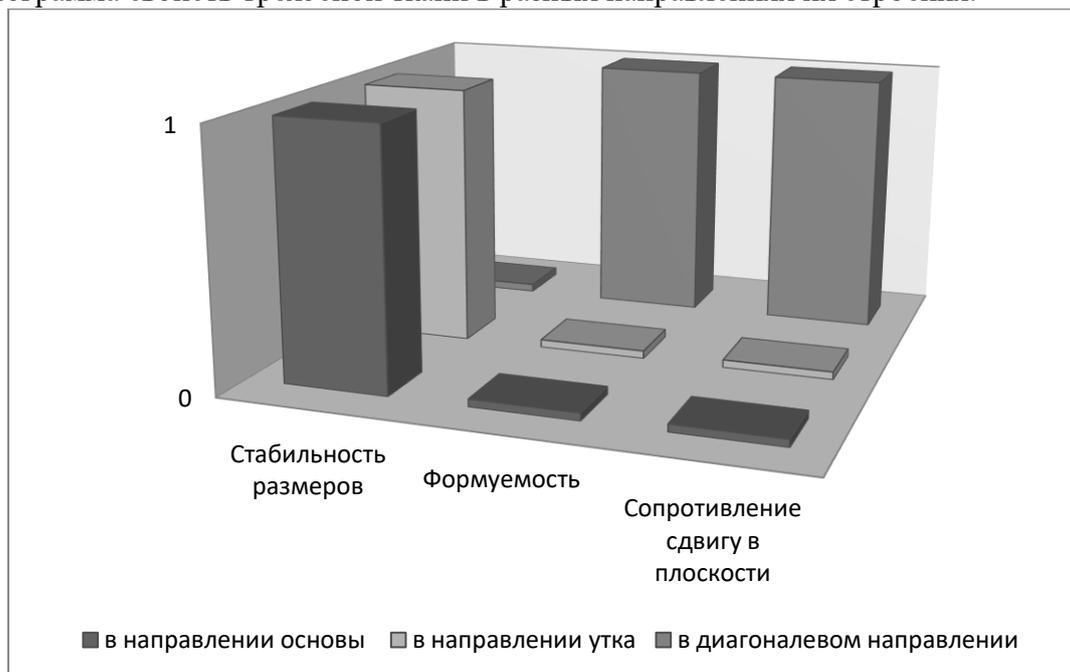


Рис. 1 Свойства ткани ортогонального строения в разных направлениях ее строения

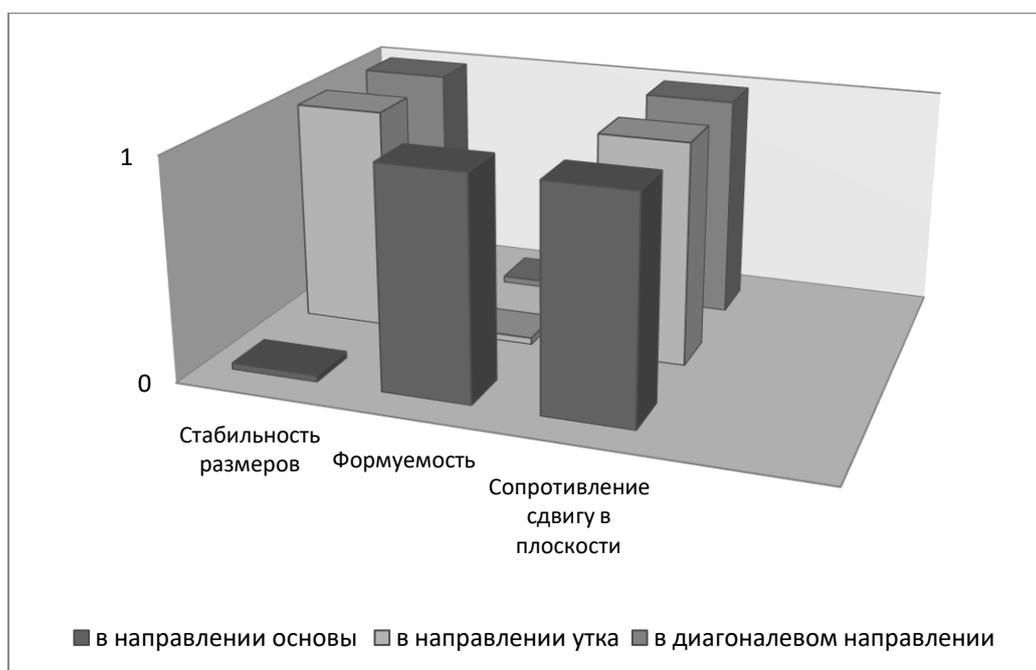


Рис. 2 Свойства трехосной ткани в разных направлениях ее строения

Такое различие в свойствах тканей ортогонального и не ортогонального строения связано с расположением систем нитей в полотне. Введение в структуру, например, трехосной ткани, нитей ортогонального расположения приведет к изменению свойств полотна, причем это изменение будет зависеть от расположения дополнительной ортогональной системы и ее переплетения или отсутствия такового с нитями трехосной ткани.

Рассмотрим структуры тканей не ортогонального строения, которые были разработаны на кафедре ТПТИ ИВГПУ [1,2]. На рис. 3 представлена структура (рис 3а) и фотография образца трехосной ткани(рис.3б), в которой нити основы переплетаются друг с другом по всей ширине тканого полотна, а также разрез ткани вдоль диагонально расположенной нити основы(рис.3б) одной из систем, взаимодействующей с нитью основы другой системы[1].

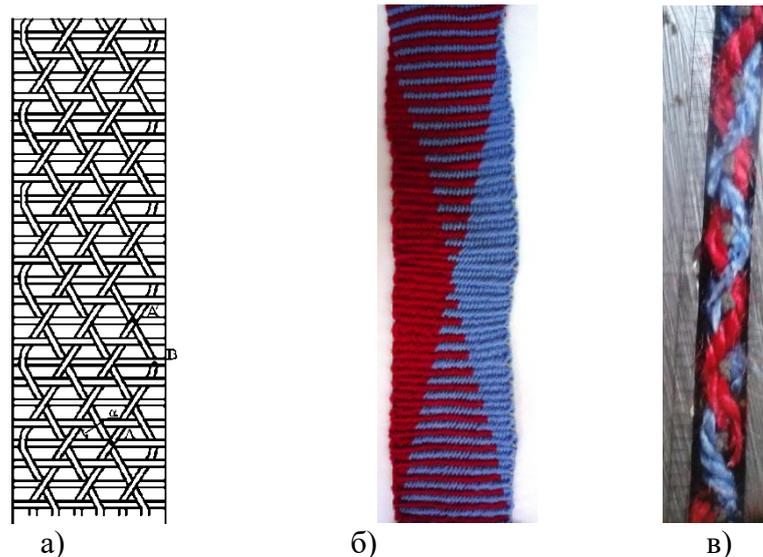


Рис. 3 Трехосная ткань

Из структуры ткани, а также из разреза видно, что нити основы двух систем воздействуют на нить утка с одинаковым усилием с противоположных сторон, что приводит к тому, что нити утка в трехосной ткани располагаются прямолинейно, а нити основы

создают опорную поверхность ткани, максимально в ней изгибаясь. Таким образом, высокомодульные нити в данном случае целесообразно вводить в уточную систему. При этом ткань имеет низкую стабильность размеров вдоль основы, высокую повреждаемость нитей основы обеих диагональных систем из-за большой величины уработки нитей, а, следовательно, значительное снижение прочности ткани вдоль продольной оси полотна.

С целью увеличения прочностных показателей и повышения стабильности размеров ткани вдоль нитей основы, а также возможного использования высокомодульных нитей как в системе уточных, так и в системе основных нитей, на кафедре ТПТИ была разработана структура мультиаксиальной ткани и получен образец тканого полотна с вложением в структуру трехосной ткани дополнительных ортогонально расположенных нитей основы [2,3,4]. На рис. 4 представлены: структура мультиаксиальной ткани с дополнительной ортогональной системой основных нитей, свободно лежащих под уточными нитями (рис.4 а), с дополнительной ортогональной системой основных нитей, переплетающихся с нитями утка полотняным переплетением (рис.4 б), а также фотографии разрезов мультиаксиальной ткани вдоль нитей утка (рис.4 в) и вдоль ортогонально расположенной дополнительной системы нитей основы (рис.4 г).

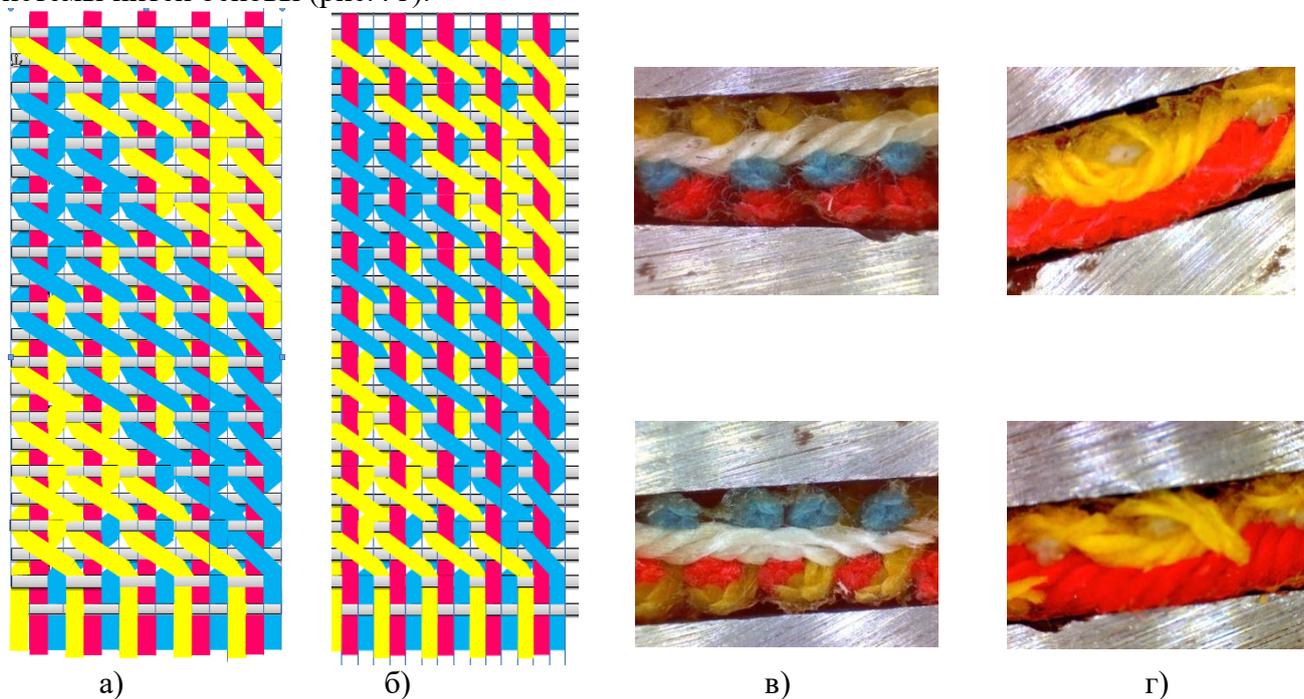


Рис. 4 Мультиаксиальная ткань

Из фотографий разрезов и структуры ткани, представленной на рис.4а, видно, что ортогонально расположенные нити основы не переплетаются с нитями утка, а располагаются ниже их, и для введения в структуру трехосной ткани лишь периодически прихватываются нижней системой диагональных основных нитей. Такое введение в ткань дополнительной ортогональной системы основных нитей приводит к практически прямолинейному (без уработки) их расположению в ткани. При данной структуре мультиаксиальной ткани высокомодульные нити могут быть использованы и в уточной системе и в дополнительной ортогональной системе основных нитей. Ортогональная система может составлять опорную поверхность мультиаксиальной ткани либо с лица, либо с изнанки в зависимости от расположения этой системы относительно уточных нитей. Дополнительная система ортогонально расположенных основных нитей обеспечивает повышение стабильности размеров ткани вдоль ее продольной оси. Таким образом, ввод дополнительной ортогональной системы основных нитей, не переплетающейся с нитями утка, позволит иметь на лицевой или изнаночной поверхности ткани требуемый материал и, таким образом, управлять свойствами композита.

В структуре ткани, представленной на рис.4б, ортогонально расположенные нити основы переплетаются с нитями утка. Такое введение в ткань дополнительной ортогональной системы основных нитей приводит к увеличению стабильности размеров мультиаксиальной ткани вдоль ее продольной оси и увеличению разрывных характеристик по сравнению с трехосной тканью.

Возможность использования в ткани разных типов волокон и нитей позволяет управлять свойствами композита, повышать его надежность и обеспечивать экономичность производства.

Предложены структуры мультиаксиальных тканей, обеспечивающие увеличение прочностных показателей ткани и повышение стабильности ее размеров в продольном направлении.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кожевникова, Л.В. Особенности структуры трехосной ткани/ Л.В. Кожевникова, Т.Ю. Карева, С.О. Кожевников// Вестник молодых ученых Санкт-Петербургского государственного университета технологии и сервиса – 2016. – №4.- с. 6-9.
2. Грузина, Е.О. Особенности развития отечественных структур трехосных тканей/ Е.О. Грузина, Т.Ю. Карева //Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы.-2017.№1(1).с.230-233
3. Грузина, Е.О. Разработка тканей новых структур, усиленных по основе / Е.О. Грузина,Т.Ю. Карева // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2018. - № 1. – С. 80-85.
4. Патент 178015 Российская Федерация, МПК D 03 D 13/00 Мультиаксиальная ткань /Карева Т.Ю., Грузина Е.О., Карев Ф.М., Гречин В.Г. ; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО Ивановский государственный политехнический университет- № 2017126705, заявл. 25.07.17 ; –опубл. 19.03.18, Бюл. № 8

АНАЛИЗ МЕТОДИК ПОСТРОЕНИЯ ВАФЕЛЬНЫХ ПЕРЕПЛЕТЕНИЙ

ANALYSIS OF METHODS OF CONSTRUCTION OF WAFELE WEAVES

Г.И. Толубеева, Т.Ю. Карева

G.I. Tolubeeva, T.Y. Kareva

Ивановский государственный политехнический университет

Ivanovo State Polytechnical University

E-mail: tolubeevi@yandex.ru, ktju@bk.ru

В статье рассматриваются методики и примеры построения вафельных переплетений. Представлен вклад преподавателей Ивановского государственного политехнического университета по развитию теории проектирования вафельных переплетений и автоматизации их построения

Ключевые слова: вафельное переплетение, саржа главного класса, основной настил, уточный настил, ромбовидный и прямоугольный рельефный элементы.

The article discusses the methods and examples of construction of wafer weaves. The contribution of teachers of Ivanovo state Polytechnic University on the development of the theory of design of wafer weaves and automation of their construction is presented

Keywords: waffle interlacing , main class twill, warp flooring, weft flooring, diamond-shaped and rectangular relieved elements.

Анализ литературных источников показывает, что можно выделить следующие направления построения вафельных переплетений: классические вафельные переплетения с ромбовидными рельефными элементами, полученные на базе сарж главного класса; на базе сложных сарж; на базе усиленных сарж; с увеличенным ромбом; с дополнительными элементами; с элементами полотняного переплетения; вафельные переплетения в два ромба с четырьмя мелкими ромбиками в каждом; с параллелограммовидными рельефными элементами; с прямоугольными (квадратными) рельефными элементами; клетчатые вафельные переплетения; комбинированные вафельные переплетения.

Метод построения классических или простейших вафельных переплетений рассматривают Бавструк Н. Ф. [1, с. 130-135], Розанов Ф. М. [2, с.154-155], Юденич Г. В. [3, с. 91-92], Гордеев В. А. [4, с. 63-64], Потягалов А. Ф. [5, с. 55-56], Грановский Т. С. [6, с. 61-63], Толубеева Г.И. [7, с. 130] и авторы многих других учебников. Классические вафельные переплетения выстраиваются на базе уточных (рис.1-а и 1-б) или основных (рис.1-в, 1-г) сарж главного класса с раппортом R_6 с заполнением ромбов основными или уточными перекрытиями по вертикали (рис. 1-а, 1-в) или по горизонтали (рис.1-б, 1-г).

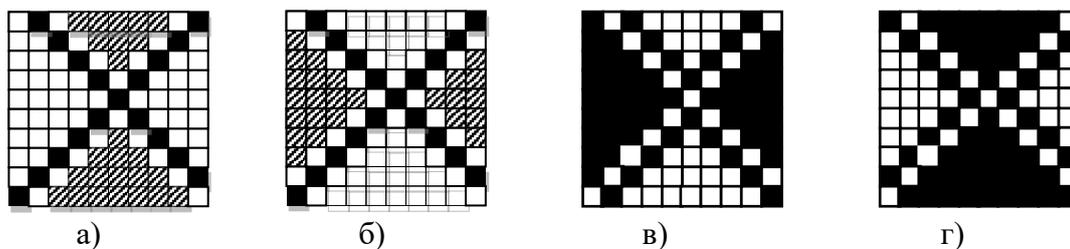


Рис.1– Классические вафельные переплетения, полученные на базе:
а, б) уточной саржи 1/5; в, г) основной саржи 5/1

Гордеев В. А. [4, с.63], Грановский Т. С. [6, с. 63], Юденич Г. В. [3, с. 92], Потягалов А. Ф. [5, с. 56], Бавструк Н. Ф. [1, с. 131-132] предлагают метод построения вафельных переплетений на базе сложных сарж, например, на базе саржи $\frac{1}{1} \frac{1}{4}$. Базовое переплетение можно выстраивать вдоль основы (рис.2-а, 2-б) или вдоль утка (рис.2-в, 1.12-г), заполнять ромбы можно по горизонтали (рис.2-а, 2-в) и по вертикали (рис.2-б, 2-в). Следует отметить, что направление заполнения ромбов переплетений, представленных на рис. 1 и 2, не влияет на рисунок переплетения в ткани.

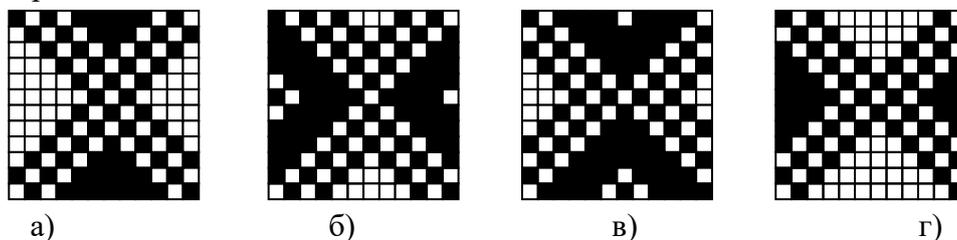


Рис.2 - Переплетения на базе саржи $\frac{1}{1} \frac{1}{4}$: а, б) вдоль основы; в, г) вдоль утка

Вафельные переплетения, полученные на базе сложных сарж, например, уточной саржи $\frac{1}{1} \frac{1}{4}$, можно получать также на базе сарж главного класса, добавляя затем дополнительные диагонали. Построение рассмотрено в диссертационной работе Шаталовой Е.А. [7, с. 44-45]. Метод построения вафельных переплетений на базе сложных сарж Шаталовой Е.А. предложено рассматривать как построение вафельных переплетений на базе сарж главного класса с несколькими диагоналями. Выстраивают крестообразную саржу, добавляют дополнительные диагонали снизу от главных диагоналей, отступив одно уточное перекрытие. Далее классическим способом заполняют ромбы по горизонтали или по вертикали основными настилами, как показано на рис. 3.

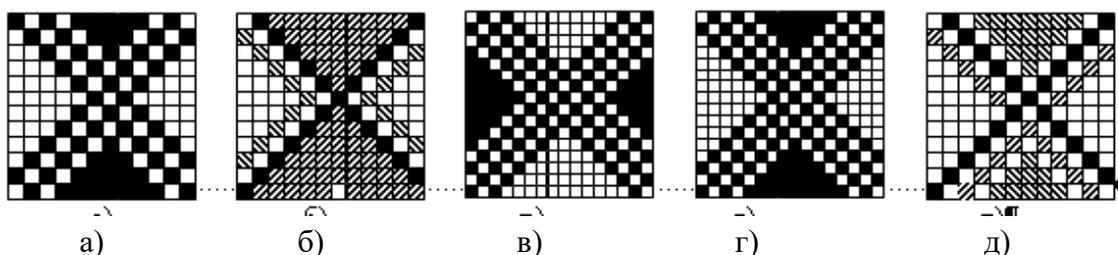


Рис. 3 - Вафельные переплетения, полученные на базе саржи $\frac{1}{6}$: а, б) с двумя диагоналями; в, г) с тремя диагоналями; д) с увеличенным ромбом

В учебнике Гордеева В.А. [4, с. 63] упоминается о методе построения вафельного переплетения на базе усиленной саржи, но не рассматривается последовательность построения и не приводится пример.

Шаталова Е. А. [7, с. 43] предлагает способ построения вафельного переплетения с рельефным элементом в виде увеличенного ромба (рис. 3-д). Раппорт исходной ромбовидной саржи равен $R=12$ нитям. Исходная ромбовидная саржа на рисунке показана сплошной черной заливкой. Увеличенный ромб получают при заполнении основными настилами горизонтального или вертикального ромба без отступа одиночного уточного перекрытия (на рисунке основные настилы показаны правой штриховкой). С отступом на одно уточное перекрытие от главных диагоналей в уточном ромбе строят дополнительные диагонали (на

рисунке одиночные основные перекрытия дополнительных диагоналей показаны левой штриховкой). Уточное перекрытие, имеющееся на первой уточной нити, обеспечивает переплетение нитей с максимальной степенью усиления перекрытий.

В учебнике Потягалова А.Ф. в приложении приводятся примеры вафельных переплетений с несколькими вариантами дополнительных элементов. Дополнительные элементы имеют квадратную форму и помещаются в вершинах ромбов по вертикали. Элементы могут быть из основных настилов (рис.4-а), из уточных настилов (рис.4-б) и комбинированными (рис. 4-в). В оставшихся вершинах ромбов могут добавляться участки полотняного переплетения (рис. 4-г).

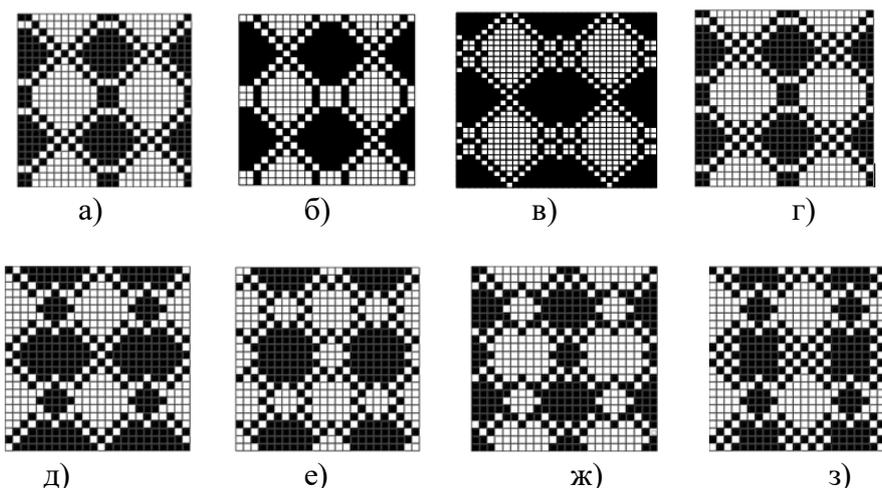


Рис. 4 – Вафельное переплетение с дополнительными элементами: а) из основных настилов; б) из уточных настилов; в) из комбинированных настилов; г) с добавлением полотна

На кафедре ТПТИ предложено размещать дополнительные ромбовидные элементы из основных (рис. 4-д), уточных (рис. 4-е), или тех и других (рис. 4-ж) настилов и с добавлением элементов полотняного переплетения (рис. 4-з) [8, 9].

В группе вафельных переплетений особое место занимают переплетения с параллелограммовидными рельефными элементами, представленные на рис. 5 [5, Приложение].

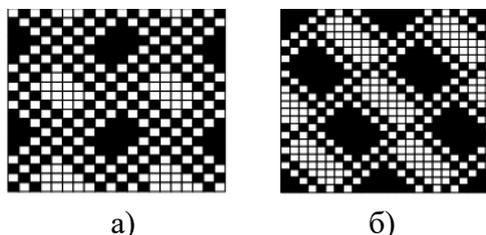


Рис. 5 – Примеры переплетений с параллелограммовидными рельефными элементами: а) переплетения с двумя диагоналями; б) переплетения с одной диагональю

Вафельное переплетение, представленное на рис. 5-а, получено на базе ромбовидных сарж с несколькими диагоналями, на рис. 5-б – с одной диагональю.

Методическое описание способов построения вафельных переплетений с параллелограммовидными рельефными элементами, представленное в работе [7], является

громоздким и рассматривает частные случаи. На кафедре ТПТИ разработана методика проектирования таких переплетений с одно [10, 11] и разнонаправленными рельефными элементами [12, 13].

Вафельные переплетения относятся к переплетениям, образующим на поверхности ткани возвышения и углубления. Лунд-Иверсен рассматривает вафельное переплетение с прямоугольными рельефными элементами [14, с. 61]. Эффект возвышений и углублений возникает вследствие того, что длинные основные и уточные настилы пытаются стянуть ткань, в то время как участки полотняного переплетения пытаются расширить поверхность ткани. Квадратная разбивка возникает вследствие наличия вертикальных и горизонтальных основных и уточных настилов (рис. 6-а). Примеры подобных вафельных переплетений с прямоугольными рельефными элементами приведены в альбоме А.Ф. Потягалова [5, Приложение] (рис. 6-б).

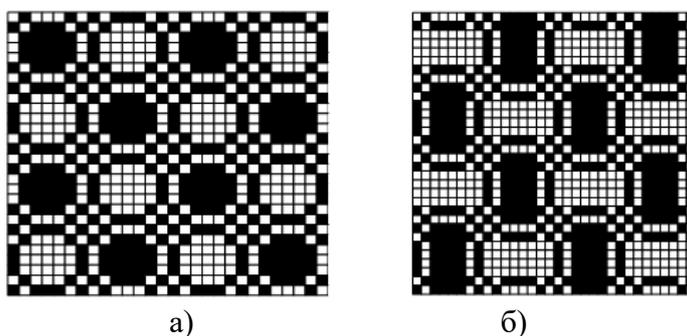


Рис. 6 – Вафельные переплетения: а) с квадратными рельефными элементами; б) с прямоугольными рельефными элементами

Данные вафельные переплетения можно отнести к переплетениям с прямоугольным рельефным элементом с включением участков полотняного переплетения, расположенных в вершинах рельефных элементов. Шаталова Е.А. в своей диссертации [7, с. 58-60] предлагает получать такое вафельное переплетение по типу крепа. Необходимо, чтобы площадь раппорта, образованная длинными настилами, была больше площади раппорта, образованной переходными участками, иначе рельефность ткани исчезает.

Вафельные переплетения с элементами полотняного переплетения в мировой практике получили широкое распространение. В учебнике Бавструка Н.Ф. [1, с. 132] показана последовательность построения вафельного переплетения анализируемым методом. Выстраивается исходное ромбовидное переплетение, на рис. 7-а показано сплошной заливкой, из двух четвертей ромба, расположенных вертикально, верхнюю заполняют основными перекрытиями (показаны правой штриховкой), нижняя остается с уточными перекрытиями. Оставшиеся горизонтальные две четверти ромба заполняют полотняным переплетением (показаны сетчатой штриховкой).

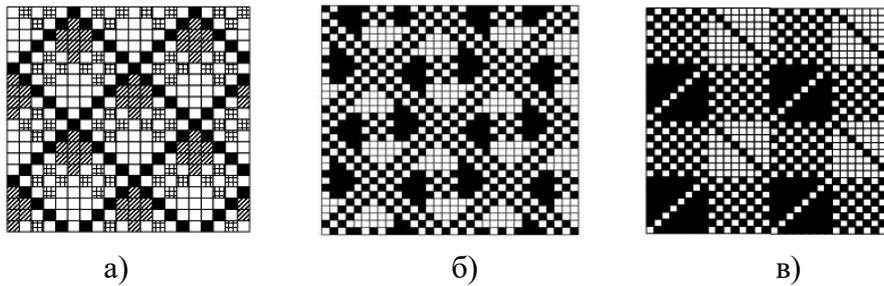


Рис. 7 - Вафельные переплетения с включением элементов полотняного переплетения

Рассмотренный способ построения вафельных переплетений можно отнести к комбинированным вафельным переплетениям с ромбовидным рельефным элементом, включающим ромбы из основных и уточных настилов и полотняного переплетения. В учебнике А.Ф. Потягалова [5, Приложение] приведен другой пример вафельного переплетения с ромбовидным рельефным элементом с включением участков полотняного переплетения и основных настилов, расположенных в горизонтальных вершинах рельефных элементов (рис. 7-б). Бавструк Н.Ф. [1, с. 133] приводит клетчатое вафельное переплетение, построенное из полотняного переплетения и саржи с рисунком в клетку (рис. 7-в).

Способы построения комбинированных вафельных переплетений занимают особое место. Бавструк Н.Ф. называет этот способ как «строение вафельного переплетения по рисунку с различными чередующимися группировками ромбиков полотняного и саржевого переплетений и ромбиков из основных и уточных перекрытий» [1 с. 133-134]. Раппорт составляется на основе предварительно разработанного рисунка, отдельные ромбы которого заполняют соответствующими основными перекрытиями согласно рисунку и в порядке, который принимает дессинатор. На рис. 8 можно увидеть пример такого комбинированного вафельного переплетения.

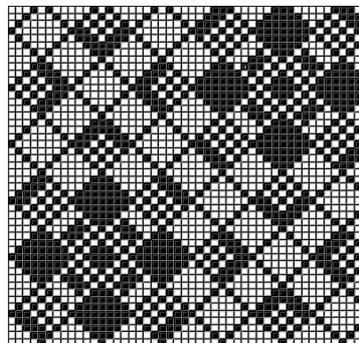


Рис. 8 - Пример комбинированного вафельного переплетения

Шаталова Е.А. [7, с. 120-124] тоже рассматривает метод построения комбинированных вафельных переплетений, состоящих из различных чередующихся группировок ромбиков полотняного и саржевого переплетений и ромбиков из основных и уточных перекрытий. Автором разработан автоматизированный метод построения комбинированного вафельного переплетения, при этом решаются следующие задачи: расчет раппорта переплетения; формирование базовых рельефных элементов, составляющих результирующее переплетение; автоматизированное построение рисунка переплетения. Все базовые элементы имеют одинаковый размер и отличаются друг от друга местоположением фигур, получаемых за счет расположения дополнительных основных перекрытий на всей площади ромба или на какой-либо его части. При неполном заполнении площади ромба основными перекрытиями оставшая часть заполняется уточными перекрытиями или полотняным переплетением. Положение рельефных элементов может изменяться

относительно сторон ромба базовой саржи. Автор считает, что при раппорте базовой саржи, равном пяти нитям, возможны двадцать восемь вариантов базовых рельефных элементов, используемых для построения комбинированного вафельного переплетения. Практически их гораздо больше. Очевидно, автор выбрал наиболее выразительные элементы.

На кафедре ТПТИ выполнена систематизация методов построения вафельных переплетений [15], разрабатывается рабочее место дессинатора для их автоматизированного проектирования [16].

ЛИТЕРАТУРА

1. Бавструк, Н.Ф. Курс ткацких переплетений: строение, анализ и патронирование художественно-декоративных тканей / Н.Ф. Бавструк. – М.: Искусство, 1951. – 344 с.
2. Розанов, Ф.М. Строение и проектирование тканей / Ф.М. Розанов, О.С. Кутепов, Д.М. Жупикова, С.В. Молчанов. – М.: Гизлегпром, 1953. – 471 с.
3. Юденич, Г. В. Переплетение и анализ тканей / Г.В. Юденич. – М.: Легкая индустрия, 1968. – 164 с.
4. Гордеев, В. А. Ткацкие переплетения и анализ тканей. / В.А. Гордеев. – М.: Легкая индустрия, 1969. – 120 с.
5. Потягалов, А.Ф. Техника построения тканей / А.Ф. Потягалов. – Ярославль: Верхне-волжское книжное издательство, 1969. – 203 с.
6. Грановский, Т. С. Строение и анализ ткани / Т.С. Грановский. – М: Легпромбытиздат, 1985. – 152 с.
7. Шаталова, Е.А. Разработка автоматизированных методов построения вафельных переплетений: дис... канд. техн. наук, – Дмитровград, 2012. – 210 с.
8. Демидова, Е.Е. Новые вафельные переплетения с дополнительными ромбовидными элементами / Е.Е. Демидова, Г.И. Толубеева // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. – 2016. – Т. 4. – С. 65-67.
9. Толубеева, Г.И. Способ получения тканей вафельных переплетений с ромбовидным рельефным элементом. Пат. на изобретение № 2587076 Российская Федерация МПК D03D 23/00 / Г.И. Толубеева, Е.Е. Демидова, Н.С. Токарева. Оpubл. 10.06.2016, Бюл. № 16. – 15 с.
10. Демидова, Е.Е. Вафельные переплетения с прямоугольными диагонально расположенными рельефными элементами / Е.Е. Демидова, Г.И. Толубеева // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2016. – № 6. – С. 122-127.
11. Толубеева, Г.И. Способ получения тканей вафельных переплетений с прямоугольными диагонально расположенными рельефными элементами. Пат. на изобретение № 619041 Российская Федерация МПК D03D 23/00 / Г.И. Толубеева, Е.Е. Демидова, Скорикова Я.М. Оpubл. 11.05.2017. Бюл. № 14. – 11 с.
12. Демидова, Е.Е. Новые вафельные переплетения с прямоугольными диагонально расположенными разнонаправленными рельефными элементами / Е.Е. Демидова, Г.И. Толубеева // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. – 2017. – №. 1. – С. 63-65.
13. Толубеева, Г.И. Способ получения тканей вафельных переплетений с разнонаправленными прямоугольными диагонально расположенными рельефными элементами. Пат. на изобретение № 2623989 Российская Федерация МПК D03D23/00 / Г.И. Толубеева, Е.Е. Демидова. Оpubл. 29.06.2017. Бюл. № 19. – 18с.
14. Лунд-Иверсен, Б. Ткацкие переплетения. Пер. с хорв. / Б. Лунд-Иверсен. – М.: Легпромбытиздат, 1987. – 104 с.
15. Демидова, Е.Е. Систематизация способов построения вафельных переплетений (статья) / Е.Е. Демидова, Г.И. Толубеева // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2016. – № 2. – С. 112-116.
16. Демидова, Е.Е. Алгоритм автоматизированного построения вафельного переплетения с дополнительными элементами (статья) / Е.Е. Демидова, Г.И. Толубеева // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2016. – № 4. – С. 72-75.

ОБЩИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ВОЗДЕЙСТВИЯ ТЛЕЮЩЕГО РАЗРЯДА НА ВОЛОКНИСТЫЕ МАТЕРИАЛЫ

GENERAL REGULARITIES OF THE GLOW DISCHARGE EFFECT ON FIBROUS MATERIALS

М.В. Таничев, М.В. Акулова
M.V. Tanichev, M.V. Akulova

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

В работе рассматривается применение низкотемпературной плазмы тлеющего разряда для модифицирования гидрофильных и адгезионных свойств волокнистых материалов. Показано, что плазменная обработка активирует поверхность полимерных материалов, в результате чего появляется возможность улучшать эксплуатационные свойства волокон, не ухудшая их объёмных характеристик, что позволяет сохранить прочностные и другие полезные свойства материала.

Ключевые слова: низкотемпературная плазма, тлеющий разряд, улучшение потребительских свойств.

The paper considers the use of low-temperature glow discharge plasma for the modification of hydrophilic and adhesive properties of fibrous materials. It is shown that plasma treatment activates the surface of polymeric materials, as a result of which it is possible to improve the performance properties of fibers without worsening their volumetric characteristics, which allows to preserve the strength and other useful properties of the material.

Keywords: low-temperature plasma, glow discharge, modification.

Волокнистые материалы находят широкое применение в различных отраслях народного хозяйства: в текстильной промышленности, а также в производстве строительных материалов различного назначения (фибробетонов, рулонных стеновых материалов). Часто возникает необходимость модифицирования гидрофильных, адгезионных свойств, окрашиваемости таких материалов.

Одним из перспективных направлений является применение низкотемпературной плазмы тлеющего разряда. Это самостоятельный разряд, возникающий в газе при пониженном давлении только за счёт процессов в самом разряде и не требующий внешнего источника ионизации [1]. Возбуждение газового разряда осуществляется источником высокого напряжения постоянного или переменного тока в широком диапазоне частот. Электроны, перенося энергию поля к тяжёлым частицам, расходуют свою энергию в результате упругих и неупругих соударений с тяжёлыми частицами. Часть этих соударений приводит к образованию химически активных частиц (свободные радикалы, атомы, ионы, электронно-возбуждённые молекулы). Взаимодействие плазмы неполимеризующих газов с полимерами представляет собой процесс травления [1, 2]. В основе процессов травления тлеющим разрядом лежат гетерогенные химические реакции, происходящие на границе двух фаз: твёрдой и газообразной. Гетерогенная химическая реакция травления полимеров может протекать только в том случае, когда обеспечивается непрерывная доставка активных компонентов к обрабатываемой поверхности с помощью диффузии, конвекции или молекулярного потока и когда происходит непрерывная обратная диффузия продуктов реакции [3].

Кинетика процесса травления волокнистых материалов может существенно отличаться от травления плёнок аналогичной химической природы. По мнению ряда исследователей, эти отличия могут быть вызваны как изменением структуры волокон, в результате чего изменяется и поверхность полимера, так и наличием на поверхности волокнистого материала различных химических препаратов. Однако общие закономерности процесса останутся неизменными [1, 2]. Также в литературе приводятся данные по плазмохимической деструкции волокнистых материалов [4]. Установлено, что одним из важных аспектов травления является структурное изменение поверхностного слоя полимерных волокон. Большинство авторов, рассматривающих данный вопрос, отмечают изменение рельефа поверхности полимеров [1, 2, 5]. Активация полимерных волокон может быть обусловлена окислением их поверхности, образованием свободных радикалов под действием активных частиц тлеющего разряда [1].

На изменение свойств волокнистых материалов и их сохранение оказывает существенное влияние и различие в параметрах обработки низкотемпературными разрядами, таких, как природа плазмообразующего газа, время и интенсивность обработки [1, 6]. Одним из наиболее важных результатов взаимодействия низкотемпературной плазмы с полимерами является увеличение гидрофильности их поверхности. Изменение скорости смачивания, капиллярности, сорбции влаги волокнами отмечено после активации любым типом газового разряда [1, 3] практически у всех синтетических и натуральных материалов [2]. Причём изменение гидрофильности волокон происходит в широком диапазоне параметров плазмы – мощность от 60 Вт до нескольких киловатт, давление от 13,3 Па до 1 атмосферы, время активации от нескольких секунд до нескольких часов [6]. Другим важным аспектом, непосредственно связанным с гидрофилизацией, является изменение адгезионных свойств материала в результате его плазменной активации.

Как отмечается в различных литературных источниках [1, 2, 6], обработка в плазме приводит к улучшению смачиваемости полимера, к возрастанию косинуса краевого угла смачивания, который является мерой поверхностной энергии полимера, что обеспечивает материалу повышение адгезионной активности. Увеличение адгезионной прочности модифицированных соединений связывают с ростом шероховатости и появлением на поверхности новых активных функциональных групп. При этом связь между группами и адгезивом может носить как физический (адсорбционный), химический, так и механический характер [1, 2].

Увеличение гидрофильных характеристик и адгезионной активности текстильного материала в результате плазменной активации позволяет сократить время контакта материала с рабочими составами при пропитке и таким образом обеспечить непрерывное протекание технологических процессов, повысить окрашиваемость. Также в работе [1] приводятся данные об улучшении потребительских свойств тканей и изделий из них, например, снижении загрязняемости и усадки от стирки и глажения. Вместе с тем кратковременная плазменная активация, достаточная для приобретения материалом вышеперечисленных полезных свойств, не приводит к значительному снижению прочности текстильного материала. Отмечается, что ужесточение условий обработки (увеличение плотности тока и времени воздействия разряда) вызывает неконтролируемую деструкцию волокна, что приводит к ухудшению прочностных характеристик. Поэтому большое внимание уделяется определению оптимальных параметров обработки материала [1].

Следует отметить, что достижение эффекта улучшенной адгезии возможно и при химическом травлении полимерной поверхности, однако этот способ весьма трудоёмкий, требует применения агрессивных сред и расходов на очистку сточных вод [1].

При производстве фибробетонов основной проблемой является низкая прочность сцепления армирующих волокон со строительной матрицей. Результаты исследований [1, 4] показывают, что низкотемпературные разряды позволяют придавать волокнам целый комплекс улучшенных свойств: увеличение гидрофильных свойств, изменение рельефа поверхностного слоя, улучшение прочностных характеристик и др. [1, 6]. Как подчёркивается в работе [6], воздействие низкотемпературной плазмы тлеющего разряда на волокнистые материалы является одним из наиболее эффективных способов изменения их поверхностного слоя. В результате исследований [2] выявлено, что плазменная модификация различных типов волокон приводит к улучшению их гидрофильных и адгезионных характеристик. Максимальный эффект в основном наблюдается при времени обработки, равном 45 с (использовалась низкотемпературная плазма тлеющего разряда воздуха при давлении 150 Па и переменном токе промышленной частоты 150 – 200 мА, что соответствует плотности 1,4 – 1,5 мА/см²). В табл. 1 приведены данные по изменению водопоглощения различных волокон в зависимости от времени обработки в плазме. Также было выявлено, что интенсивная модификация армирующих волокон в течение продолжительного времени привела к снижению прочности сцепления волокон со строительным материалом. Это можно объяснить ухудшением их свойств вследствие деструкции. По результатам проведённого исследования предложены составы фибробетонов, армированных модифицированными тлеющим разрядом волокнами [6]. Это позволяет существенно расширить номенклатуру неметаллических волокон, применяемых для армирования бетонных конструкций, и сферу применения фибробетонов.

Таблица 1 [6]

Изменение водопоглощения модифицированных волокон
в зависимости от времени обработки тлеющим разрядом

Время обработки в тлеющем разряде, с	Водопоглощение, %				
	Стекло-волокно	Асбест	Полиэфир	Полиамид	Триацетат
необработанные образцы	16	12	58	52	91
15	25	12	61	59	119
30	30	12	63	67	92
45	33	12	64	74	90
60	24	12	70	68	74
75	21	12	79	64	51
90	19	12	72	61	44

Актуальной является проблема улучшения адгезионных и гидрофильных свойств рулонных стеновых материалов. Для надёжного сцепления обоев (особенно тяжёлых) с оклеиваемой поверхностью возникает необходимость её дополнительной подготовки и применения специальных клеевых составов. В настоящее время предусматривается монтаж рулонных стеновых материалов (флизелин, виниловые обои на флизелиновой основе) под

последующую покраску. Для обеспечения качественной окрашиваемости поверхность материала должна быть достаточно гидрофильной, что достигается её пористостью, не всегда желательной или достаточной. Рулонные стеновые материалы с нанесённым рисунком изготавливаются способом печати, в том числе и по гладкой поверхности. При этом может иметь место непрокрас поверхности материала (непропечатка рисунка). Согласно ГОСТ 6810-2002 [7] непропечатки размером более 2 мм не допускаются.

Рулонные стеновые материалы, подвергнутые плазменной активации, приобретают улучшенные гидрофильные и адгезионные свойства. Согласно данным, приведённым в табл. 2, уже при непродолжительном воздействии тлеющего разряда (от 15 с) наблюдается практически двукратное увеличение водопоглощения флизелина; обработанные в плазме образцы становятся смачиваемыми; возрастает высота капиллярного подъёма жидкости (подкрашенной дистиллированной воды). Изменение адгезионных свойств фиксировалось увеличением силы отрыва рулонного материала от оклеенной поверхности (табл. 3). Получены результаты, свидетельствующие о сохранении значительной части достигнутых эффектов в течение продолжительного времени (нескольких месяцев) [4].

Таблица 2

Изменение гидрофильных характеристик ремонтного флизелина в зависимости от времени обработки в тлеющем разряде (ток – 100 мА (постоянный), давление плазмообразующего газа (воздух) – 100 Па)

Время обработки, с	Смачиваемость, с	Водопоглощение, %	Капиллярная впитываемость, мм:		
			за 5 мин	за 7 мин	за 10 мин
0	>720	88,6	0	0	0
15	0,92	168,4	65	73	82
30	0,56	164,1	71	80	85
45	0,45	176,0	72	81	85
60	0,36	165,6	71	83	85
90	0,28	174,7	73	83	88
120	0,33	153,1	75	83	88

Таблица 3

Изменение силы отрыва рулонных стеновых материалов от оклеенной поверхности под действием тлеющего разряда

Вид материала	Оклеиваемая поверхность	Сила отрыва, Н, с клеем для образцов:			
		«QUELYD»		«Мастер»	
		необработ.	обработ.	необработ.	обработ.
Флизелин	Бетон	6,0	8,5	3,0	8,1
	Дерево	3,4	7,3	2,8	4,8
Виниловые обои	Бетон	3,5	6,9	2,0	2,8
	Дерево	7,1	8,5	4,0	5,6

Использование тлеющего разряда позволяет улучшить технологические и эксплуатационные свойства рулонных стеновых материалов: повысить их окрашиваемость, увеличить надёжность фиксации материала на оклеиваемой поверхности при монтаже, закрепить декоративный слой на основе при производстве обоев [8].

ЛИТЕРАТУРА

1. Федосов, С.В. Применение тлеющего разряда в строительной и текстильной промышленности: монография / С.В. Федосов, Б.Н. Мельников, М.В. Акулова, Л.В. Шарнина. – Иваново, 2008. – 232 с.
2. Кутепов, А.М. Вакуумно-плазменное и плазменно-растворное модифицирование полимерных материалов / А.М. Кутепов, А.Г. Захаров, А.И. Максимов. – М.: Наука, 2004. – 496 с.
3. Гриневич, В.И. Травление полимеров в низкотемпературной плазме / В.И. Гриневич, А.И. Максимов // Применение низкотемпературной плазмы в химии. – М.: Химия и химич. технологии, 1981. – С. 135-169.
4. Таничев, М.В. Рулонные стеновые материалы на флизелиновой основе, модифицированные низкотемпературной плазмой тлеющего разряда: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05 / Таничев Максим Владимирович. – Иваново, 2015. – 146 с.
5. Акулова, М.В. Влияние тлеющего разряда на структуру полиэфирных нитей / М.В. Акулова, И.Б. Блиничева, Б.Н. Мельников // Изв. вузов. Химия и хим. технология, 1981. – № 9. – С. 1143 – 1146.
6. Елин, В.К. Фибробетон, армированный волокнами, модифицированными плазмой тлеющего разряда: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05 / Елин Владимир Константинович. – Иваново, 2006. – 155 с.
7. ГОСТ 6810-2002. Межгосударственный стандарт. Обои. Технические условия. М.: Изд-во стандартов, 2002. – 20 с.
8. Таничев, М.В. О возможности применения низкотемпературной плазмы для улучшения технологических и эксплуатационных свойств рулонных стеновых материалов при производстве обоев на флизелиновой основе / М.В. Таничев // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Материалы. Конструкции. Технологии. 2019. №1. – С. 85-92.

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ НИТОЧНОГО СОЕДИНЕНИЯ ДЛЯ МАТЕРИАЛОВ С МЕТАЛЛОНАПЫЛЕНИЕМ

DEVELOPMENT AND RESEARCH OF FLUID COMPOUND TECHNOLOGY FOR METAL SPRAYING MATERIALS

И.Ю. Белова, О.В. Метелёва, Ю.А. Шаммут
I.Yu. Belova, O.V. Metelyova, Yu.A. Shammut

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

Разработана технология получения ниточного соединения, свойства которого изменяются в зависимости от условий окружающей среды. Проведены исследования эффективности разработанной технологии в производстве швейных изделий специального назначения

Ключевые слова: ниточное соединение, герметизация, химическая композиция, водонепроницаемость, изделия специального назначения, спектральные исследования.

A technology has been developed for producing a filament compound, the properties of which vary depending on environmental conditions. Studies of the effectiveness of the developed technology in the production of special-purpose garments.

Keywords: thread connection, sealing, chemical composition, water tightness, products for special purposes, spectral studies.

Технологический процесс изготовления швейных изделий представляет собой сложный комплекс взаимодействий орудий труда с обрабатываемым материалом, в результате которых детали кроя собираются в узлы, в сборные единицы и изделие в целом. Основное назначение соединительных операций – восстановить целостность материала на участке его разрушения при раскрое. Восстановление целостности, в идеале, предполагает восстановление свойств материалов и обеспечение возможности их сохранения при воздействии эксплуатационных нагрузок. Исключения составляют те случаи, когда соединительный узел несёт на себе дополнительные функции, обусловленные требованиями конструктивного участка изделия и условиями его эксплуатации (каркасирование, отделка, и др.).

Ниточный способ соединения деталей швейных изделий признан на сегодняшний день наиболее универсальным и преобладающим в технологических процессах швейного производства. Однако, этот способ неизбежно приводит к нарушению целостности материала на участке его прокола иглой. Отверстия, оставшиеся в материале от проколов иглы, заполняются швейными нитками, участвующими в образовании, в частности, челночного стежка изменяют свойства материала. В изделиях специального назначения соответствие свойств ниточных соединений свойствам соединяемых материалов – обязательное условие целевого использования изделия в соответствии с его назначением.

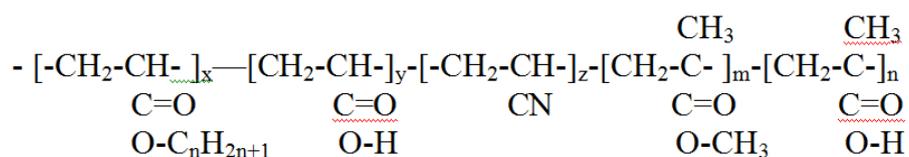
На форму, размер и структуру повреждения материала в процессе образования челночного стежка оказывает влияние ряд факторов: толщина иглы и форма заточки ее острия, вид и диаметр ниток, структурные характеристики материала (подвижность нитей в ткани, их толщина, коэффициент крутки и др.), способ отделки, а также взаимное расположение деталей в шве и количество соединенных слоев материала. Повреждения иглой, как правило, невидимые невооруженным глазом, при изменении погодных условий (дождь, снег) в присутствии влаги значительно ухудшают теплоизоляционные и экранирующие характеристики материала. Проведённые исследования показали, что модификация материалов металлонапылением и химической композицией, содержащей частицы металлов приводит к увеличению диаметра отверстий, оставленных от проколов иглы. Металлизирующая плёнка,

также, как и химическая композиция, содержащая частицы металлов, фиксируют структуру текстильного материала, не позволяя раздвигаться нитям ткани в момент прокола его иглой. Оптимизация выбора режимов ниточного соединения может лишь незначительно уменьшить размеры проколов (перфорации). Обеспечить стабильно заданный комплекс свойств ниточному соединению вне зависимости от погодных условий эксплуатации можно только посредством гидрофобизации мест ниточных соединений.

Анализ существующих технологий герметизации мест ниточных соединений, [1.2] показал, что они в той или иной степени влияют на увеличение трудоёмкости изготовления швейного изделия, за исключением технологий, предполагающих получение эффекта герметизации в процессе эксплуатации изделия. На рис. 1 схематически представлен общий принцип образования челночной строчки и механизм блокирования отверстий, оставшихся в материале в результате проколов его иглой в результате использования разработанной технологии герметизации. [3]

Предлагаемая технология герметизации позволяет получить дифференцируемое по свойствам ниточное соединение, в котором эффект герметизации достигается в процессе эксплуатации изделия при внешнем воздействии на него влаги. Блокирование отверстий, оставленных от прокола материала иглой, происходит в результате увеличения объёма химической композиции, нанесённой на челночную нитку, при её контакте с водой.

Совместно со специалистами ОАО «Ивхимпром» разработан состав герметизирующей композиции с заданными свойствами которой содержит в своем составе два основных компонента на основе карбоксилированных акриловых сополимеров: редкосшитый загуститель и самосшивающееся связующее вещество. Таким образом, компоненты, входящие в композицию, обеспечивают образование на нити единой тонкой полимерной пленки, обладающей адгезией к синтетической, хлопчатобумажной или смешанной (хлопколавсановой) нити. Эта полимерная пленка водонерастворима, но сохраняет способность частично набухать в воде, что обеспечивает водонепроницаемость шва. Данная композиция связывает большое количество воды, при тепловой обработке (термофиксации) образует пространственную сетчатую структуру, прошивающую цепи акрилового загустителя, и обеспечивает адгезию (прилипание) полимерной пленки к волокну швейной нитки. При взаимодействии с водой химическая композиция набухает, увеличиваясь в объёме, а после высыхания возвращается в исходное объёмное состояние. Механизм действия карбоксилированного акрилового загустителя, структуру которого можно представить в общем виде,



заключается в том, что в оптимальном диапазоне рН протекает выпрямление и ориентация макромолекул, вследствие взаимного отталкивания ионизированных COO^- групп с последующим набуханием в точках образования сольватных оболочек («центров загущения»). При этом наблюдается увеличение объёма (V) и вязкости (η) дисперсионно набухающей загустки.

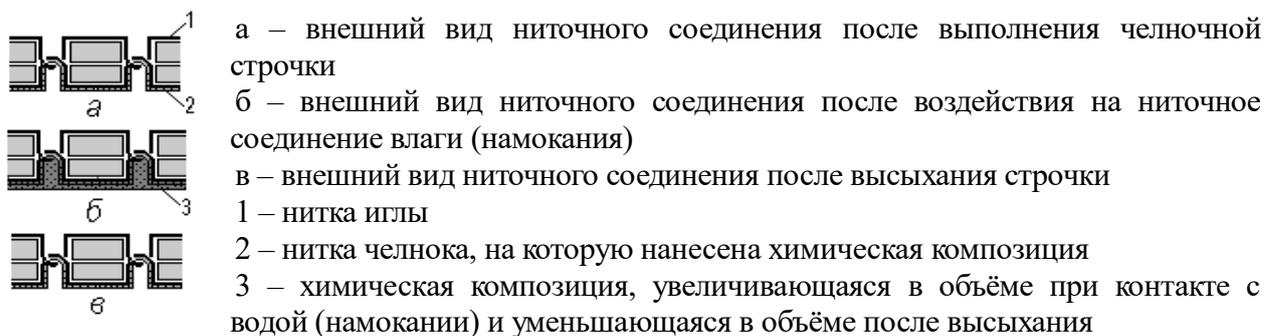


Рис. 1. Общий принцип образования строчки челночного стежка и механизм блокирования отверстий, образовавшихся в материале после прокола иглы герметизирующим составом, нанесённым на челночную нитку

Химическая обработка челночной нитки до её использования в ниточном соединении не влияет на процесс образования стежка, качество строчки, а также на скорость выполнения ниточного соединения в целом.

В качестве носителя герметика с точки зрения максимально возможной подачи химического препарата в зону стежкообразования, наиболее рациональным является использование ниток, в состав которых входят натуральные гигроскопические волокна, обеспечивающие впитывание герметика. Такими свойствами обладают армированные хлопколавсановые и хлопчатобумажные нитки. Данные, характеризующие водонепроницаемость (водупорность) ниточных соединений модифицированных материалов с металлонапылением при использовании химической композиции состава Alcoprint RT-XN+Tubifast AN, нанесённой на челночную нитку с последующей термофиксацией представлена в табл.1 и на рис.3. Исследования проводились на модифицированных материалах, содержащих одностороннее и двустороннее металлонапыление (рис. 2 а), а также на материалах обработанных химической композицией, содержащей частицы металлов (рис. 2 б).

На челночную нитку наносилась химическая композиция 70% концентрации, с последующей термофиксацией при температуре 100-110оС. Водонепроницаемость ниточных соединений определялась на приборе “WAPERTEST” в статических условиях по стандартной методике [ГОСТ 413-91] (табл.1).



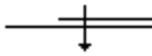
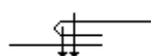
Рис. 2. Формирование металлизированного покрытия на материале

По причине специфики используемого способа герметизации, эффективность которого возрастает с увеличением длительности процесса намокания, каждый образец подвергался воздействию гидростатического давления последовательно 5 раз с интервалом 60-120 секунд. Перед вторым и последующими испытаниями образцов, после гидростатической «нагрузки» и

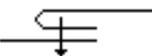
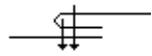
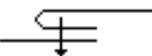
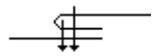
регистрации данных с их поверхности влаговпитывающими салфетками осуществлялось удаление избыточной влаги. Использование прибора ПВД-2, для оценки водонепроницаемости ниточных соединений в динамике невозможно по причине несоответствия структуры материала, содержащего частицы металла основному принципу действия прибора.

Таблица 1

Водонепроницаемость исследуемых ниточных соединений

Артикул материала, способ металлизации	Поверхностная плотность, г/м ² / водоупорность, кгс/м ²	Волокнистый состав материала	Вид ниточного соединения		Водонепроницаемость строчек, кгс/м ²				
			наименование шва, графическое изображение	способ выполнения	число циклов намочения				
					1	2	3	4	5
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Oxford 240 имп. Поставщик Балтийский текстиль Металлоапплыение с изнаночной стороны	170/230	100% ПЭ	накладной с открытыми срезами	без обработки	125	120	120	110	110
				с обработкой челночной нитки	140	150	180	220	220
			стачной в заутюжку	без обработки	170	160	160	150	155
				с обработкой челночной нитки	180	200	210	230	230
			настрочной с открытыми срезами	без обработки	140	140	130	130	120
				с обработкой челночной нитки	140	160	190	230	230
Защита классика 240 ОАО Чайковский текстиль Двустороннее металлоапплыение	240/390	67% ПЭ 33% Вис	накладной с открытыми срезами	без обработки	200	200	190	180	180
				с обработкой челночной нитки	210	260	300	340	350

Продолжение таблицы 1

			стачной в заутюжку	без обработки	300	300	280	280	280
				с обработкой челночной нитки	320	350	365	390	380
			настрочной с открытыми срезами	без обработки	220	220	210	200	210
				с обработкой челночной нитки	245	290	325	370	370
С19ЮД ОАО Родники Пропитка химической композицией, содержащей частицы металла	270/180	100% Хлопок	накладной с открытыми срезами	без обработки	110	105	100	90	85
				с обработкой челночной нитки	120	140	155	170	170
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
			стачной в заутюжку	без обработки	145	140	130	120	120
				с обработкой челночной нитки	150	160	170	180	180
			настрочной с открытыми срезами	без обработки	130	120	120	115	115
				с обработкой челночной нитки	130	150	160	160	165

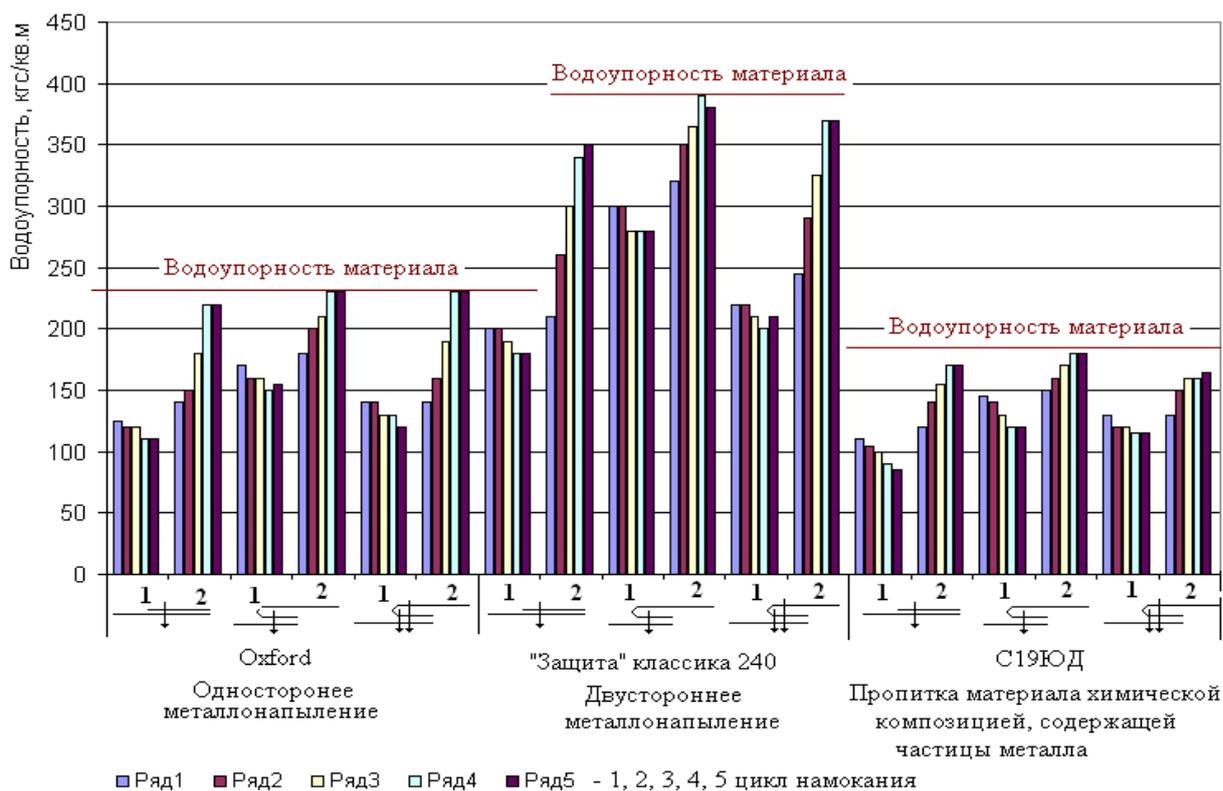


Рис. 3. Влияние герметизации на изменение водоупорности ниточных соединений

С целью выявления характера взаимодействия швейной нитки и химической композиции проведен анализ спектров поглощения, который подтверждает надежность образовавшегося соединения.

Спектры записывались на ИК-спектрографе SPECORD M-80. Пробы для исследований готовили иммерсионным методом: 3 мг исследуемого образца, тщательно растертого в агатовой ступке, прессовали с 300 мг KBr при $P=5 \times 10^8 \text{ Н/м}^2$.

Совместный анализ спектров поглощения образцов целлюлозы, обработанной акриловым препаратом, позволяет констатировать отсутствие химического взаимодействия между полимерами, т.к. суммарные спектры показали аддитивное наложение индивидуальных спектров целлюлозы и акрилового препарата. При термофиксации химической композиции наблюдаются спектральные проявления, в спектрах (на участке длины волны 1700-1500 см⁻¹) появляются характеристические полосы поглощения, что доказывает образование новых химических и, как следствие надежность образовавшегося соединения. [4]

ЛИТЕРАТУРА

1. Метелёва, О.В. Теоретико-технологическая разработка процессов герметизации швейных изделий для повышения водозащитных свойств: автореферат дисс... док.тех.наук / О.В. Метелёва. – Иваново.: ИГТА, 2007 – 40 с.
2. Метелёва, О.В. Технология повышения защитных свойств ниточных соединений текстильных материалов/О.В. Метелёва, Л.И. Бондаренко// Физика материалов:структура, свойства, наукоёмкие технологии и материалы (SMARTEX). 2016, 1-1. С.297-303
3. Патент на изобретение RU № 2396382 МПК D05B 1/26. Способ образования водонепроницаемого ниточного соединения /И.Ю. Белова и др.; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО ИГТА, заявл. 09.04.2009; опубл. 10.08.2010, бюл. №22.
4. Таругина, Л. И. Спектральный анализ полимеров/ Л. И. Таругина. – Л.: Химия, 1986, - 248 с.

ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ МЕТАЛЛОТКАЦКОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ОСНОВЕ МЕТОДОЛОГИИ IDEF0

DESCRIPTION OF TECHNOLOGICAL PROCESSES OF METAL WEAVING PRODUCTION ON THE BASIS OF METHODOLOGY IDEF0

А.А. Тувин, М.Е. Сучкова
A.A.Tuvin, M.E. Suchkova

Ивановский государственный политехнический университет
Ivanovo State Polytechnic University
E-mail: tuvin@ivgpu.com, deva.su4kova@yandex.ru

Рассмотрены вопросы проведения декомпозиции технологических процессов металлткацкого производства на основе методологии IDEF0. Предложена новая стратегия формирования полного плана технического контроля металлткацкого производства, позволяющая выделить и контролировать дополнительные параметры, связанные с обеспечением требуемого уровня качества готовой продукции

Ключевые слова: методология IDEF0, инновация, металлткацкое производство, стратегия, контроль качества

Considered the issues of the breakdown of technological processes of metal-production based on IDEF0 methodology. The new strategy of formation of the full plan of technical control of metal-weaving production allowing to allocate and control the additional parameters connected with ensuring of the required level of quality of finished goods is offered.

Keywords: IDEF0 methodology, innovation, metal weaving, strategy, quality control

Анализ нормативных документов [1, 2] на контроль качества металлической сетки показывает, что до настоящего времени не разработана научно обоснованная система комплексной оценки качества данного изделия с учетом анализа различных групп показателей на основе современных представлений квалиметрии [3], и как следствие этого отсутствуют методические разработки, позволяющие изучать ТУ на изготовление проволочных тканых сеток в направлении совершенствования контроля качества выпускаемой продукции.

При решении проблемы технологической декомпозиции металлткацкого производства ставили цель выделить основные и вспомогательные процессы и определить для них сырьевые, управленческие и информационные потоки. Этот анализ необходим для совершенствования функционирования и повышения эффективности производства, формирования полного плана контроля. Данную задачу решаем с использованием современных подходов, основанных на методологии IDEF [4]. Основу этого подхода и методологии составляет метод структурного анализа и графический язык описания (моделирования) производственно-технических систем.

Производство тканых металлических сеток осуществляется на специальном технологическом оборудовании - металлткацких станках. Однако помимо выделенного оборудования в ткацком производстве имеется ряд других основных и вспомогательных процессов, которые существенно влияют на протекание заключительного процесса металлткачества.

Необходимо отметить, что любое современное производство помимо совершенствования производственных процессов стремится улучшить организацию и управленческих процессов в рамках формирования системы менеджмента качества (СМК) с учетом требований международных стандартов ИСО серии 9000 [6, 7]. Одним из подходов в описании технологических и управленческих процессов является методология IDEF [4],

позволяющая исследовать структуру, параметры и характеристики производственно-технических и организационно-экономических систем. К настоящему времени наибольшее распространение и применение имеет методология IDEF0 [5], которая используется для создания функциональной модели, отображающей структуру и функции системы, а также потоки информации и материальных объектов, преобразуемые этими функциями. Применение данной методологии также позволяет успешно решить проблемы по формированию полного плана контроля металлотацкого производства и ряд других вопросов, связанных с проведением оперативного технологического и технического контроля.

На первом этапе декомпозиции производства металлических сеток определим состав основных технологических процессов. На основании технологических сведений [8] по металлотацкому производству и технологической цепочки ОАО «Электрокабель» Кольчугинский завод» (г. Кольчугино, Владимирская обл.) выделим основные технологические процессы, рис. 1: волочение проволоки; отжиг проволоки (восстановление пластичных свойств); перематывание; снование (формирование ткацкого навоя); проборка; ткачество металлической сетки.

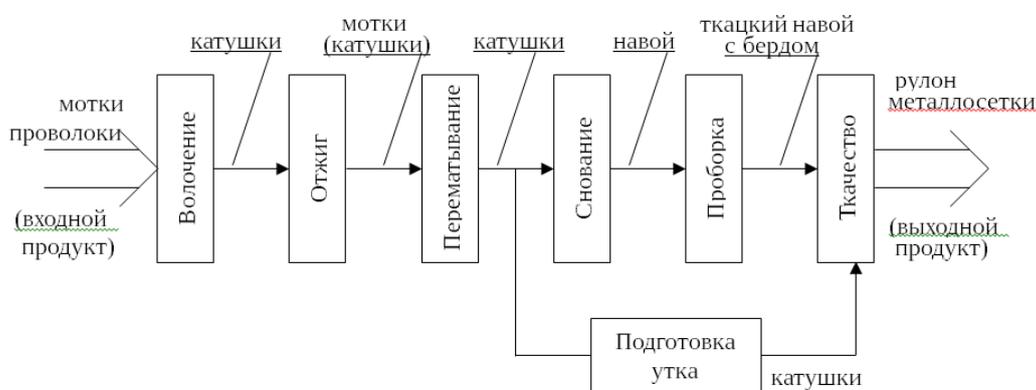


Рис. 1 Последовательность технологических процессов производства металлических сеток

С учетом известной структуры технологического процесса [8] цепочку технологического оборудования представим в следующем порядке (рис. 2): волочение - волочильные машины (UDZWG 10/19-12GL, UDZWG 8/18, Kratos L 6/18 (Германия)); отжиг - печи отжига СПЗ-0,1-64/9-И1; перематывание - перематывающая машина типа ПМ; снование - навойная установка НС-100-М; проборка - проборная станция или ручной способ; ткачество - СТР-100-М, СТР-100-М-025, DFM, SD-500, DM-2000 и другие.



Рис. 2 Цепочка технологического оборудования процесса металлотачества

На следующем этапе декомпозиции выделим вспомогательные процессы металлочащества, которые включают: установку мотков проволоки; пробурку проволоки в волоку; перемещение проволоки (в мотках или катушках) в печи отжига; перемещение катушек на навойную станцию; перемещение навойного барабана; контроль качества проволоки (основы и утка); маркировку катушек для их идентификации и прослеживания; маркировку навойного барабана; наладку и регулировку ткацкого станка; контроль качества сетки; контроль параметров окружающей среды; маркировку и кодирование готовой продукции; упаковку и складирование готовой продукции.

С учетом рекомендаций [5] сформируем контекстную диаграмму верхнего уровня производства металлических сеток, которая приведена на рис. 3.

В дальнейшем с учетом [5] разработаем диаграмму функционирования технологических операций (переходов) процесса металлочащества представ-лена на рис. 4.

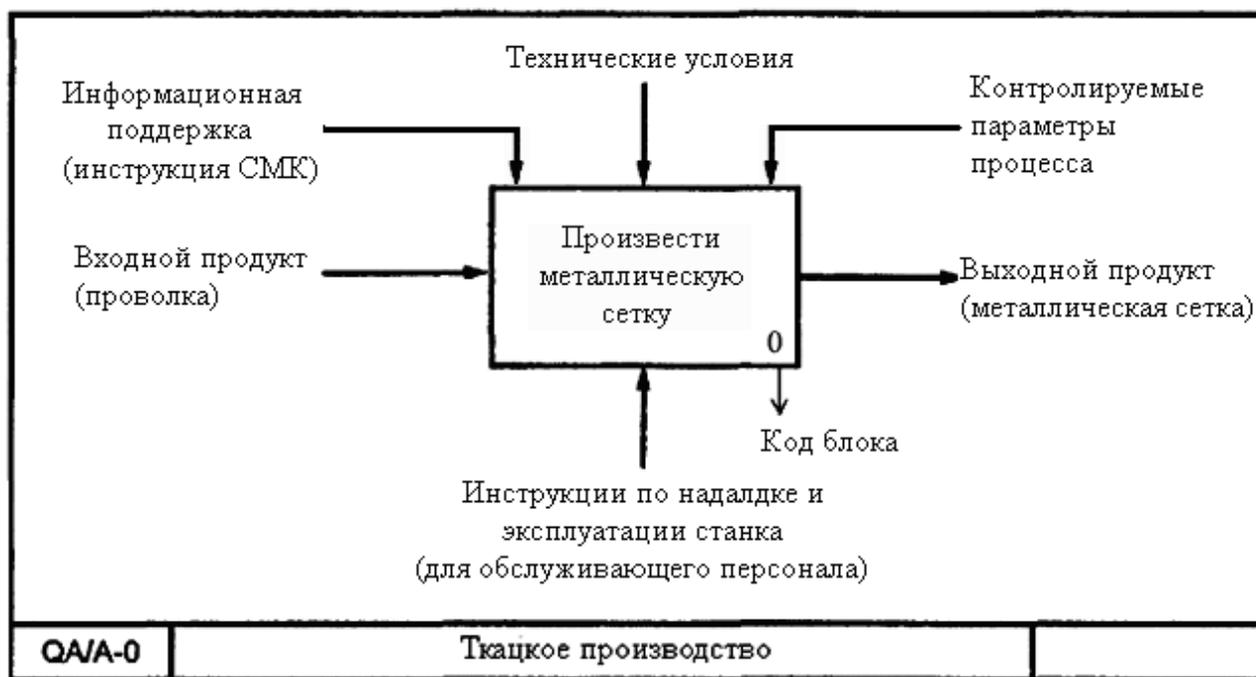


Рис. 3 Контекстная диаграмма

Формирование и описание технических характеристик процессов металлочащего производства приведем по форме табл. 1 для основного процесса получения металлической сетки.

В направлении решения проблемы оптимизации параметров процесса металлочащества с учетом новых подходов при последовательном решении вопросов формирования полного плана контроля, нахождения комплексных показателей технологической результативности и эффективности процесса металлочащества были

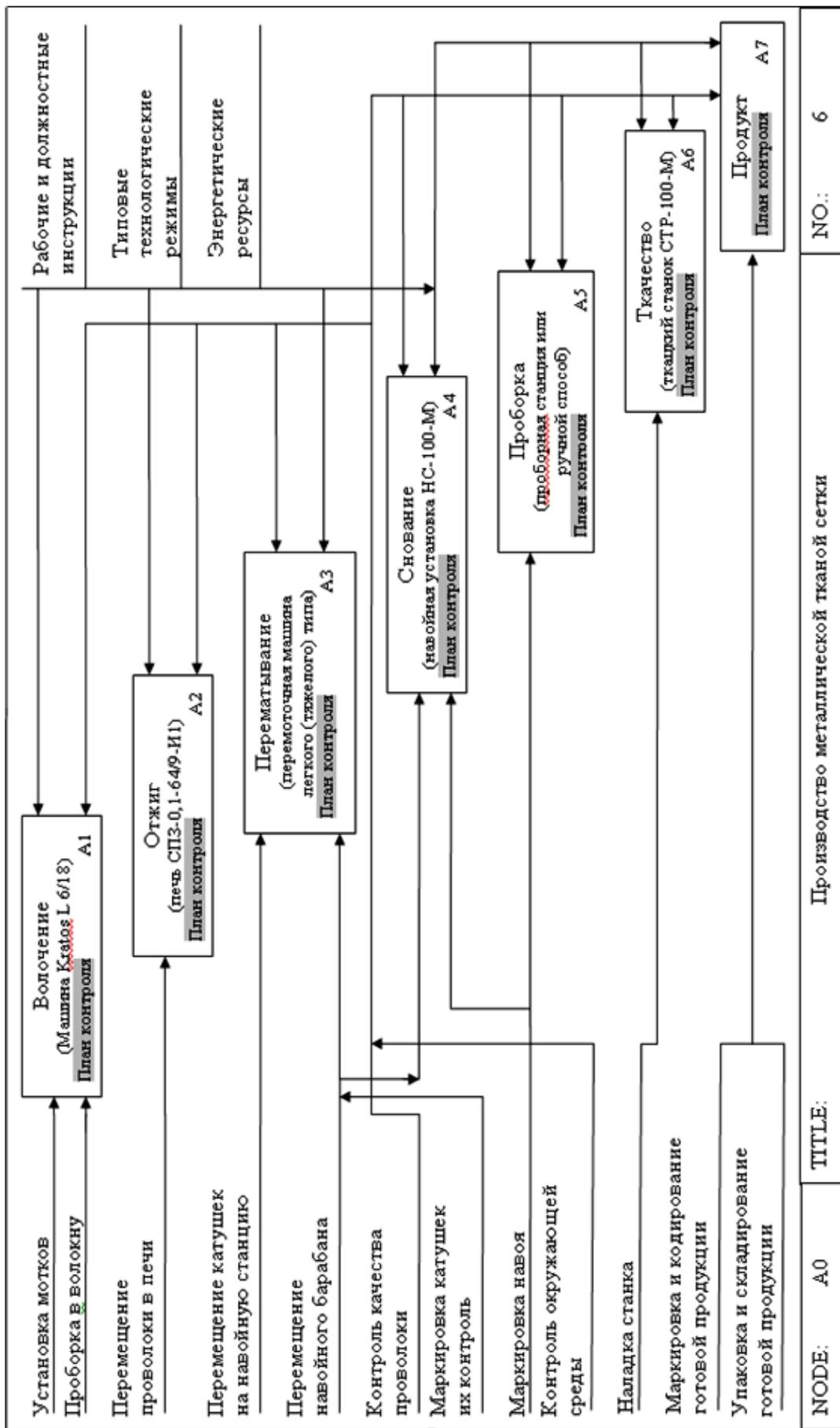


Рис. 4 Диаграмма функционирования процессов металлоткацкого производства

Техническая характеристика процесса металлочащечки

Наименование	Содержание
<i>Назначение процесса</i>	Выработка тканых сеток шириной от 80 до 100 см из металлической проволоки диаметром 0,09...0,25 мм, соответствующей по точности стандартам ГОСТов. Материал проволоки – сталь, цветные металлы и сплавы на их основе. Виды сеток – контрольные с квадратными ячейками и фильтровые
<i>Операции процесса</i>	
<i>Входной сырьевой поток</i>	Проволока основы; проволока утка Геометрические и механические показатели проволоки основы и утка должны соответствовать требованиям ГОСТов к вырабатываемой сетке
<i>Выходной сырьевой поток</i>	Металлическая сетка, намотанная на товарный валик
<i>Контролируемые параметры</i> - сетки; - окружающей среды	<p><i>Геометрические</i> характеристики - ширина, толщина, плотность, пористость, материалоемкость; <i>механические</i> - прочность, деформация, жесткость; <i>дефекты внешнего вида</i></p> <p>При измерении параметров сетки температура воздуха в цехе – 20⁰ С; относительная влажность воздуха 58%...65% , атм. давление – 760 мм рт.ст.</p>
<i>Методы и средства измерения</i>	<p>Методы – визуальный осмотр с замером основных параметров</p> <p>Для просмотра выявленных дефектов и замера основных параметров сетки используются следующие мерительные инструменты – текстильная лупа, лупа Брюнеля, микроскоп с увеличением 50 и 200 раз, мерительная линейка, рулетка, микрометр, прошедшие Госповерку</p> <p>Измерение параметров сетки - разрывной нагрузки и разрывного удлинения, производились на разрывной машине РМ-3 при испытании нитей в соответствии с ГОСТ 6611.2 - 73</p>
<i>Единичные показатели результативности</i>	<p><i>Геометрические характеристики</i> - пористость, плотность, толщина, материалоемкость; <i>механические</i> - разрывная нагрузка, относительное удлинение, показатель жесткости сетки на сдвиг (диагональная устойчивость); <i>дефектность</i></p>
<i>Единичные показатели эффективности</i>	Увеличение прочности, жесткости на изгиб и жесткости на сдвиг по основе и утку

получены следующие новые результаты:

1. Проведена декомпозиция технологических процессов металлотацкого производства на основе методологии IDEF0.

2. На основе применения современных информационных технологий предложена новая стратегия формирования полного плана технического контроля металлотацкого производства, позволяющая выделить и контролировать дополнительные параметры, связанные с обеспечением требуемого уровня качества готовой продукции.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 6613-86. Сетки проволочные тканые с квадратными ячейками. Технические условия. – М.: Изд-во стандартов. – 1986. – 16 с.
2. ТУ 14-4-507-99. Сетка тканая с квадратными ячейками микронных размеров. Технические условия. – М.: Изд-во стандартов. - 1999.- 6с.
3. Лунькова, С.В. Квалиметрия текстильных материалов и товаров: текст лекций / С.В. Лунькова. – Иваново, ИГТА. - 2008. - 76 с.
4. Марка, Д. Методология структурного анализа и проектирования: [Пер с англ.] / Д. Марка, Клемент МакГоуэн. - М., 1993.-240 с.
5. Р 50.1.028-2001 / Методология функционального моделирования. – М.: Госстандарт России. - 2001. – 49 с.
6. ГОСТ Р ИСО 9001-2001. Системы менеджмента качества. Требования. – М.: Изд-во стандартов. - 2001. – 11 с.
7. ГОСТ Р ИСО 9000-2001. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь. – М.: Изд-во стандартов. - 2001. – 25 с.
8. Плеханов, Ф.М. Автоматизация и механизация процессов в прядении и ткачестве / Ф.М. Плеханов, Е.Н. Житникова, А.Ф. Плеханов. – М.: Легкая и пищевая промышленность. - 1990.

ГОСКОНТРАКТЫ И РЕОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА ТОВАРОВ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

STATE CONTRACTS AND LIGHT INDUSTRY GOODS PRODUCTION MANAGEMENT UNDER CONDITIONS OF MANUFACTURING UNDER

Ю.А. Малюков

Y.A. Malyukov

Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина
(Технологии. Дизайн. Искусство), (Москва)
Kosygin Russian State University (Technologies. Design. Art), (Moscow)
E-mail: 7.7.7.7.7.7@bk.ru

Рассмотрены некоторые особенности организации производства товаров легкой промышленности при работе по госзаказам.

Ключевые слова: организация производства, государственные контракты

Some features of the production organization of light industry goods under state contracts are considered.

Keywords: production management, state contracts

Организация производства по государственным контрактам помимо управления использованием ресурса производственных мощностей и производственного времени требует помимо этого управления запасами, в частности, запасами готовой продукции и в некоторых случаях – полуфабрикатов [1-5]. Необходимость накопления продукции в товарных остатках для исполнения производственного заказа по государственному контракту происходит из того, что в обстоятельствах, связанных с контрактными сроками производства, наличием производственных мощностей, а также графиком загрузки производственных мощностей, связанным с производством других заказов. Могут возникать обстоятельства, когда в срок выполнения заказа произвести контрактное количество товара по контракту в рамках 44 ФЗ и 223 ФЗ – невозможно.

В подобных обстоятельствах предприятие вынуждено накапливать на складах остатки готовой продукции заблаговременно с тем, чтобы обеспечивать поставки по госконтрактам своевременно и в полной комплектности.

Неравномерность загрузки производственных мощностей заказами (в том числе государственными) в течение длительного, в частности, годового цикла организации и планирования производства может происходить в результате влияния следующих факторов:

1. Сезонности заказа, которым подвержены в том числе и государственные закупки.
2. Бюджетного процесса в том числе его эксцесса (распространенная ситуация в экономике России).
3. Проектных циклов реализации государственных проектов или проектов крупнейших компаний, под которые осуществляются закупки по 44 или 223 ФЗ.
4. Случайных факторов, влияющих на госзакупки, связанных со стихийными бедствиями, военными и политическими конфликтами, факторами экономической цикличности.

Данные факторы должны учитываться прежде всего в системе среднесрочного планирования текстильных предприятий путем составления прогнозов госзакупок и их сроков и сопоставления их с предполагаемым графиком загрузки производственных мощностей. Решение данной задачи должно строиться путем развития службы клиентских взаимоотношений, которая была бы способна отслеживать

заблаговременно возможность вероятность размещения по крайней мере крупных государственных заказов, а также по возможности за счет переговорных усилий влиять на государственного заказчика в целях оптимизации планов закупок государственных контрагентов с точки зрения приближения его к наилучшим условиям организации производства и равномеризации загрузки мощностей. Налаживание более близких и партнерских отношений с государственными заказчиками может позволять оптимизировать объемы заблаговременно нарабатываемых товарных остатков вплоть до полного исключения подобной потребности и перевода производства на работу исключительно под заказ с соответствующей экономией издержек, связанных с хранением продукции.

При среднесрочном (годовом) планировании организации работы предприятия по государственному заказу на первом этапе необходимо сопоставить прогнозируемый (планируемый) объем госзаказов, принимаемых в производство с наличной производственной мощностью. В отличие от подходов, применявшихся в эпоху плановой экономики, существующая модель размещения заказов даже от государства отличается гораздо более широким ассортиментом, при котором имеется большой разброс значений производительности оборудования, потребного времени на перезаправку, в связи с чем подход, основанный на сопоставлении объемов производимой продукции в натуральном выражении с мощностью производства как максимальным объемом производимой продукции, становится нежизнеспособным. В подобных обстоятельствах можно предложить подход, основанный на сопоставлении режимного годового фонда рабочего времени с временем, потребным для изготовления портфеля заказов предприятия, планируемого на год:

$$\sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^{n_j} \left(\frac{V_{ij}}{M \times N_{M_i} \times K_{po}} + \frac{T_{пер\ i(M+1)}}{2} \right) \leq T_{реж} \quad , (1)$$

где j – номер к заказа из k в производстве, i – номер артикула продукции из n_j в заказе j .

В случае, если неравенство (13) выполняется, план работы предприятия по госконтрактам на год может быть принят, если нет, то пересмотрен с исключением отдельных заказов из него с соответствующим и заблаговременным согласованием с конкретным заказчиком по 44-ФЗ или 223-ФЗ. При наличии внешних возможностей (производственных мощностей), которые удовлетворяют условиям названных федеральных законов для производства по государственным контрактам (производство, признаваемое российским и т.п.) – проблема невыполнения условия (1) может решаться за счет передачи исполнения части заказов на аутсорсинг (субконтракт) иным отечественным изготовителям, что также требует поддержки соответствующей договорной работой с госзаказчиками.

Алгоритм обоснования плана выполнения госзаказов в производстве может быть представлен в виде Рис. 1.

Резерв режимного фонда ($T_{резерв}$) времени для заблаговременной наработки складских запасов готовой продукции для ситуаций невозможности наработки контрактных объемов в срок с момента подписания контракта до контрактного срока поставки, описываемого, например, невыполнением условия:

$$\text{MAX} \left(\frac{V_i}{M_i \times N_{M_i} \times K_{po}} + \frac{T_{пер\ i(i-1)(M_i+1)}}{2} \right) \leq T_{контракт}, \text{ - будет определяться формулой:}$$

$$T_{резерв} = T_{реж} - \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^{n_j} \left(\frac{V_{ij}}{M \times N_{M_i} \times K_{po}} + \frac{T_{пер\ i(M+1)}}{2} \right) \quad (2)$$

В этом случае решается задача перераспределения производственной программы предприятия на периоды ожидаемой более низкой загрузки производственных мощностей.

Заблаговременная наработка складских остатков для полного или частичного исполнения заказа связана с увеличением производственных издержек предприятия, включающих в себя: расходы на кредитный процент (дисконтирование денег) за период замораживания оборотных средств в товарно-складских остатках, прямые расходы на хранение продукции на складе.

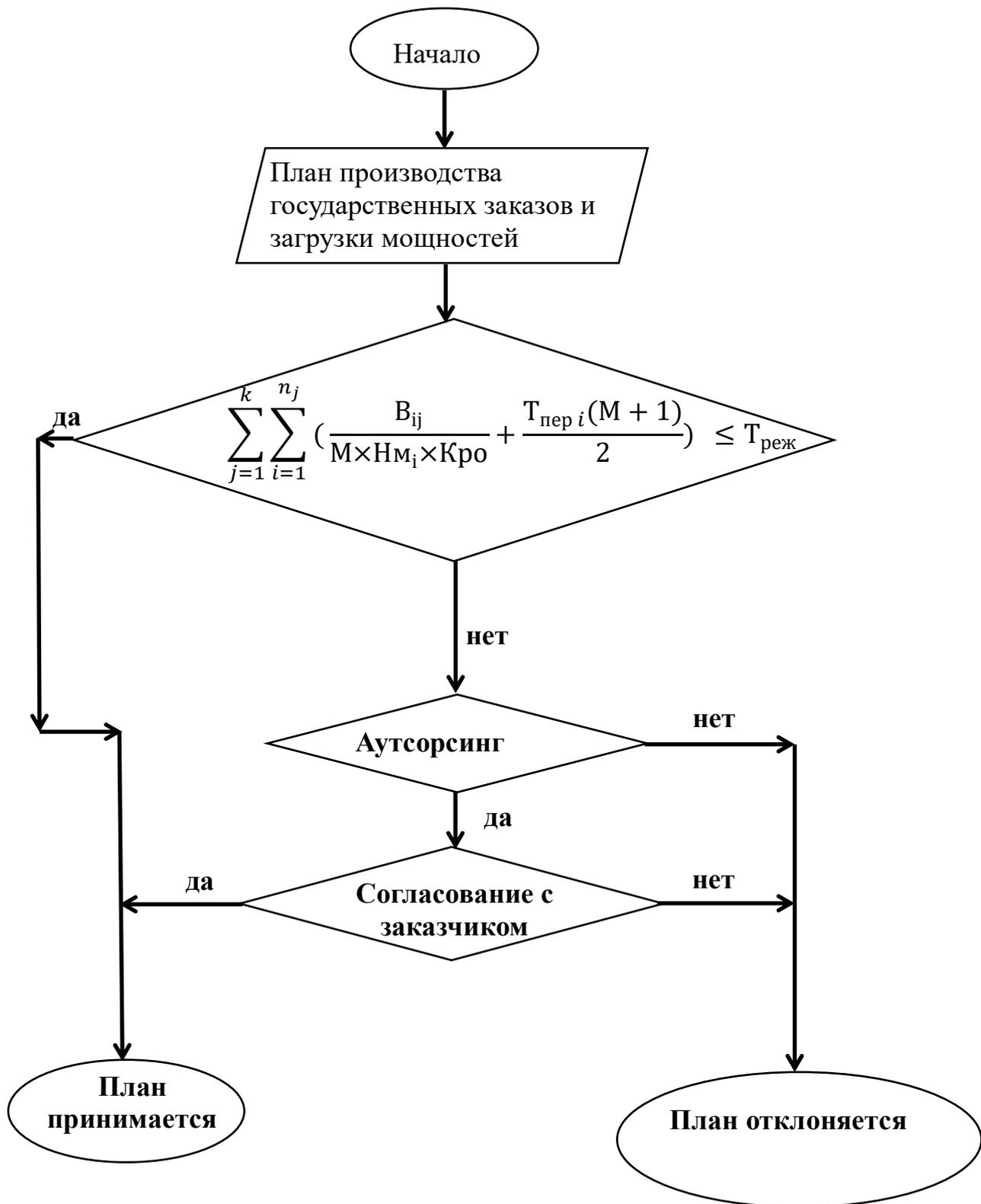


Рис. 1 Алгоритм обоснования плана выполнения госзаказов в производстве

Рассмотрим зависимости, демонстрирующие формирование названных расходов, связанных с хранением заблаговременно наработанных товарных остатков для исполнения государственного контракта.

Расходы на кредитный процент (дисконтирование денег) за период замораживания оборотных средств в товарно-складских остатках для исполнения заказа:

$$З_{\%} = \sum_{i=1}^n V'_i C_i ((1 + d)^t - 1),$$

где V'_i – объем части заказа по артикулу i , производимы заблаговременно $V'_i \leq V_i$,
 C_i – производственная себестоимость единицы продукции артикула i ,

d – процентная ставка за пользование оборотными средствами в день, %,
 t – количество дней хранения запаса готовой продукции от момента производства, определяемого наличием времени пониженной загруженности производства в годовом цикле до дня контрактного дня поставки.

Прямые расходы на хранение продукции на складе определяются следующим образом:

$$Z_{xp} = \sum_{i=1}^n V'_i z t,$$

где z – затраты на складское хранение единицы продукции за 1 день.

Общие расходы, связанные с формированием заблаговременных товарных запасов для исполнения государственного контракта определяются как:

$$Z = \sum_{i=1}^n V'_i C_i ((1 + d)^t - 1) + \sum_{i=1}^n V'_i z t,$$

Экономическое обоснование для заблаговременного накопления товарных остатков продукции для исполнения государственного заказа будет строиться на основе сопоставления операционной прибыли (маржи) по производству всего госзаказа по 44-ФЗ или 223-ФЗ и затрат на хранение товарных запасов, связанных с исполнением данного заказа через выполнение условия в позаказном порядке:

$$\sum_{i=1}^n V_i (C_i - C_i) - \sum_{i=1}^n (V'_i C_i ((1 + d)^t - 1) + V'_i z t) \gg 0, (3)$$

где C_i – контрактная цена единицы продукции i .

В контексте дилеммы «штрафные санкции – затраты на заблаговременное накопление товарных остатков» опционально может быть произведено позаказное сопоставление затрат, связанных с образованием и хранением товарных запасов с величиной возможных штрафных санкций за несвоевременную поставку по государственному контракту той части заказа, которая должна быть произведена заблаговременно:

$$\text{ш} > \sum_{i=1}^n (V'_i C_i ((1 + d)^t - 1) + V'_i z t), (4)$$

При этом следует отметить, что выбор альтернативы «возможные штрафные санкции» даже в случае позаказной обоснованности подобного решения, может вести к долгосрочным потерям деловой репутации и возможности поставок предприятия по государственным контрактам, что является количественно-неоцениваемым риском, от которого по общим представлениям в сфере риск-менеджмента следует уклоняться.

Алгоритм обоснования плана заблаговременной организации производства товарных запасов для исполнения заказа по государственному контракту может быть представлен в виде (рис. 2).

Образец аналитический расчетов эффективности наработки товарных запасов для исполнения заказа приведен в таблице 1.

Таблица 1.

Образец аналитический расчетов эффективности наработки товарных запасов.

Показатель	Обозначение	Артикулы					Сумма
		1	2	3	4	5	
Объем производства заказа, м	V_i	50000	25000	30000	35000	40000	180000
Объем запасов по заказу, м	V'_i		25000		0	35000	60000
Цена продукции, без НДС, руб/м	C_i	120	150	130	125	130	-
Себестоимость, руб/м	C	100	130	120	105	115	-
Затраты на хранение единицы продукции, руб/м*д	z	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	-
Ставка дисконтирования, %	d	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	-

Число дней хранения запаса	t		60			40	-
Общие расходы на хранение запасов, тыс. руб	З	0,0	351,1	0,0	0,0	322,1	673,2
Операционная прибыль по производству, тыс. руб	$V_i(C_i - C_i)$	1000	500,0	300,0	700,0	600,0	3100,0
Разница операционной прибыли и общих расходов, тыс. руб		1000	148,9	300,0	700,0	277,9	2426,8

Как видно из расчетов, ввиду того, что разница затрат, связанных с формированием запасов и операционной маржи по производству заказа имеет сильно высокое положительное значение, наработку товарных запасов по этому заказу следует признать целесообразной.

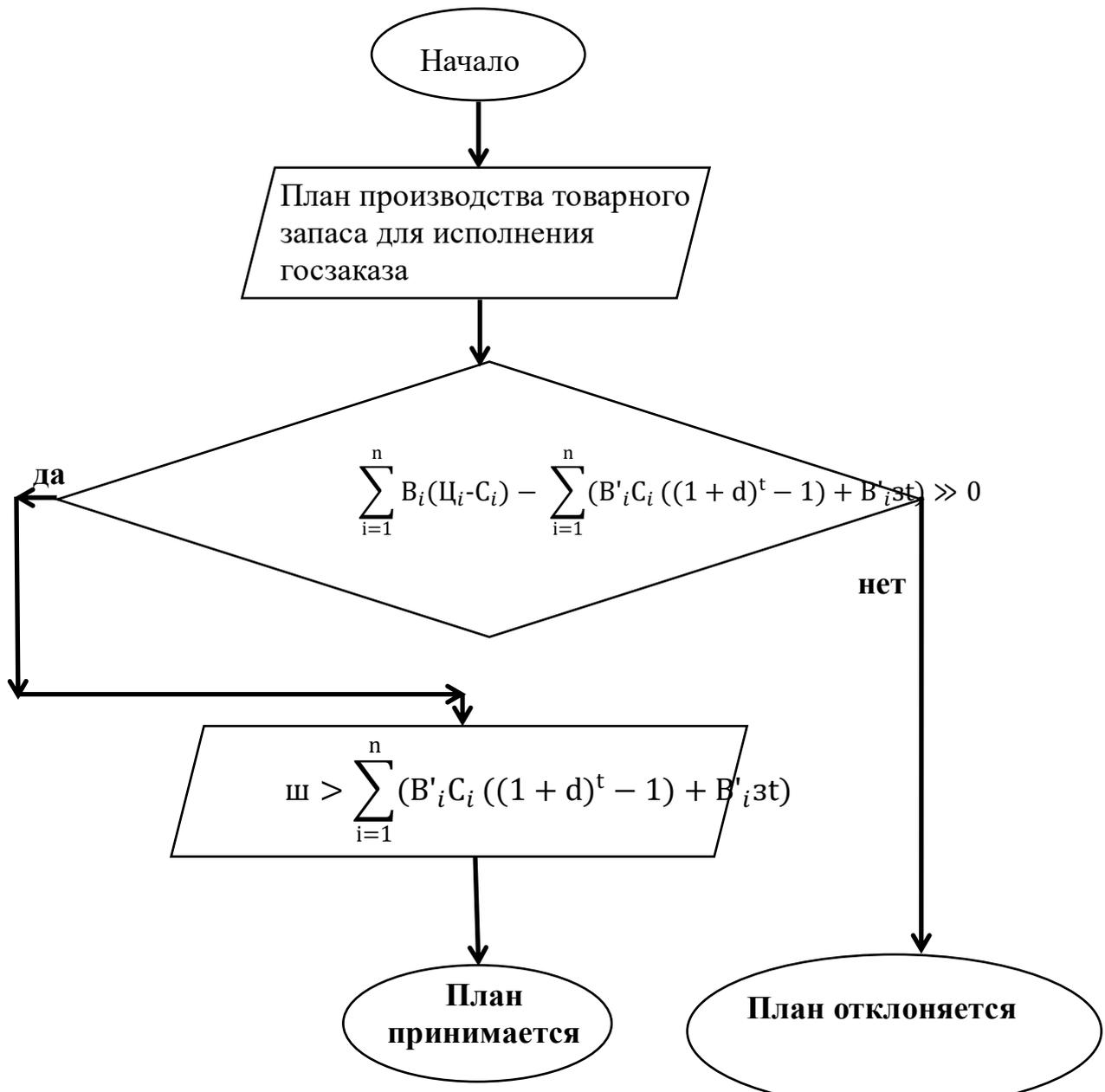


Рис. 2 Алгоритм обоснования плана заблаговременной организации производства товарных запасов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ананичев Д.А. Оценка соответствия технологических ресурсов предприятия требованиям производственного планирования // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности. 2015. Т. 29. № 3. С. 6-10.
2. Бочуров А.А., Курбанов А.Х., Шильников В.Г. Государственные контракты: противодействие теневым экономическим процессам // Компетентность, №4. 2019 – с. 33-37.
3. Бурлаков Н.А. Развитие методического обеспечения управления социально-экономической подсистемой государственных закупок : на примере Санкт-Петербурга. Дис. ...канд. экон. наук. Санкт-Петербург: С.-Петерб. гос. экон. ун-т. 2015, 221 с.
4. Денисова Н.Ф. Сорокина Г.С. Организация, планирование и управление хлопкопрядильным производством. - М. : Легпромбытиздат, 1985. - 264 с.
5. Зернова Л.Е., Юхина О.С. Метод определения целесообразного количества ткацких станков для выработки заданного объема продукции с учетом времени на смену ассортимента. // Известия ВУЗов. Технология текстильной промышленности. - 2003, №2. – с. 12-14.
6. Иванова В.О. Формирование инновационно ориентированного механизма государственных закупок продукции промышленного производства. Дис. ...канд. экон. наук. Екатеринбург: Ур. гос. эконом. ун-т, 2015, 180 с.
7. Куликова, О.М. Актуальные вопросы повышения уровня экономической стабильности предприятий легкой промышленности в условиях инновационной активности // Журнал «Наука и бизнес», № 11(89), 2018 г. с. 20-25.
8. Мячин Н.В. Механизм противодействия теневым экономическим явлениям в сфере закупок для обеспечения государственных нужд. Дис. ...канд. экон. наук. Санкт-Петербург: Междунар. банковский ин-т, 2017, 149 с.
9. Станякин С.В. Стимулирование развития промышленного комплекса на основе формирования эффективной государственной контрактной системы . Дис. ...канд. экон. наук. Орел: Гос. ун-т - учебно-научно-произв. комплекс, 2014, 266 с.
10. Шабанова Е. В. Экономические проблемы надёжности контрактной системы в сфере закупок : региональный аспект. Дис. ...канд. экон. наук. Иваново: Иван. гос. ун-т, 2014, 113 с.

ТЕХНОЛОГИИ BIG DATA В УПРАВЛЕНИИ ПРОЦЕССОМ ПАРТИОННОГО СНОВАНИЯ

BIG DATA TECHNOLOGIES IN THE MANAGEMENT OF THE PROCESS OF BATCH WARPING

Н.А. Кулида, Е.С. Волков
Ивановский государственный политехнический университет
Saint - Ivanovo state Polytechnic University
E-mail: knatex@yandex.ru

Рассмотрена возможность использования решений big data в управлении процессами подготовки основных нитей к ткачеству. Показано как на основе данных, полученных с помощью микропроцессорных систем мониторинга кинематических параметров партионных сновальных машин, определять необходимые характеристики формируемых паковок, сравнивать их и формировать на основе анализа данных партии сновальных валов для шлихтовальных машин.

Ключевые слова: big data технологии, партионное снование, кинематические параметры, микропроцессорная система мониторинга, сновальная паковка, напряженно-деформированное состояние.

The possibility of using big data solutions in the management of the processes of preparation of the main threads for weaving is considered. It is shown how to determine the necessary characteristics of the warping process and the formed packing with the help of a micro-processor system for monitoring kinematic parameters.

Keywords: big data technologies batch basis, the kinematic parameters, the microprocessor system monitoring, warping packing, the stress-strain state.

В отечественном текстильном производстве, в отличие от других отраслей, например, металлургии, современные технологии big data пока не нашли широкого применения. Вызвано это, по-видимому, тем, что современные текстильные предприятия не располагают соответствующими мощностями, что делает неэффективными инвестиции в big data технологии. Вместе с тем практика решения задач автоматизации технологических процессов и управления производством в целом свидетельствуют о возможности поэтапного внедрения отдельных решений.

Рассмотрим возможность использования решений big data в управлении процессами подготовки основных нитей к ткачеству, которая, как известно, заключается в формировании ткацкого навоя на сновальных и шлихтовальных машинах, при этом в зависимости от типа производства могут использоваться партионные или ленточные сновальные машины. Если применяется партионное снование, то его задача заключается в формировании партии сновальных валов с одинаковым напряженным состоянием для процесса шлихтования.

Для идентификации напряженного состояния непосредственно в процессе наматывания паковки предложена микропроцессорная система мониторинга кинематических параметров [1] с инкрементальными и абсолютным энкодерами. С помощью инкрементальных энкодеров измеряется длина наматываемых нитей и угол поворота сновального вала, а абсолютным энкодером контролируется радиус намотки. Получаемые в результате мониторинга данные позволяют непосредственно в ходе процесса наматывания рассчитывать нужные характеристики, как самого процесса снования, так и формируемой паковки. В частности, путем измерения кинематических параметров могут рассчитываться масса и длина пряжи на сновальном валу, послонная плотность намотки, производительность, обрывность нитей при

сновании и др. Кроме того, с помощью имеющихся данных может быть решена задача по прогнозированию скорости снования для достижения максимальной производительности процесса. Ранее возможность прогнозирования была доказана в работах [2, 3], внедрение решения сдерживалось отсутствием соответствующих технических средств. Применение

микропроцессорной системы дает возможность, наряду с отмеченными кинематическими параметрами, контролировать и время, затраченное оператором партионной сновальной машины на устранение обрыва пряжи, что позволяет более корректно определять оптимальное значение скорости снования [3].

Получаемые в партионном сновании паковки далее объединяются в партии для последующего шлихтования. Если партии состояются из паковок с существенно различающимися параметрами и характеристиками, то сновальные валы разматываются на стойке шлихтовальной машины не одновременно, а получаемые ткацкие навои не позволяют выработывать ткань высокого качества. Поэтому на основе информации с микропроцессорных систем отдельных сновальных машин с помощью известных алгоритмов кластерного анализа осуществляется формирование партий сновальных валов, в которых отклонения параметров, характеризующих напряженное состояние паковок, минимальны [4]. В этом случае удастся снизить потери производства из-за различий напряженного состояния отдельных паковок.

Если, кроме перечисленных кинематических параметров процесса снования, использовать информацию о нагрузке приводного электродвигателя [5], то к данным процесса, может присоединиться еще одна важная силовая характеристика – натяжение нитей, наматываемых на сновальный вал. Эта важная характеристика процесса снования может быть получена без применения системы измерения натяжения.

Снование, как правило, сопровождается остановами машины, вызванными обрывами пряжи. Если фиксировать угол поворота сновального вала в период пуска машины, то по кривой разгона могут быть определены угловая скорость и угловое ускорение, на основании которых, с учетом информации о нагрузке электропривода в этот период, вычисляется масса пряжи на сновальном валу. Это позволит повысить точность определения распределения послойной плотности намотки по радиусу намотки непосредственно в период наматывания паковки.

Анализ уровня обрывности пряжи на отдельных машинах позволяет выявить причины ее изменений. Если на одной или нескольких машинах уровень обрывности увеличивается по сравнению со средними значениями, установленными для данного вида пряжи и заданного технологического режима, то это указывает на необходимость более тщательного анализа технического состояния машин. На основе информации с других сенсоров машины может осуществляться превентивная диагностика. Анализируя параметры работы сновальной машины, на этапе, предшествующем возникновению отказа, можно выявлять характеристики работы машины, которые предшествуют возникновению сбоев, определять причины отказа.

По кривой изменения угла поворота сновального вала и времени останова машины можно судить о состоянии тормозной системы и заранее предпринимать меры по устранению ее нештатного состояния.

Перечисленные возможности, получаемые при анализе данных сенсоров партионного снования, могут быть реализованы при условии, если известны модели, в соответствии с которыми определяются указанные параметры и характеристики. Эти модели найдены, в частности, для определения послойной плотности намотки [6, 7]. Здесь же найдены оценки погрешности косвенных измерений этих параметров [8]. Подобные математическое моделирование должно быть осуществлено и при определении других параметров и характеристик.

Практическая реализация технологий big data связана с решением достаточного большого числа технических задач, начиная с определения частоты получения данных о параметрах процесса снования [9] и их количеством, распределением вычислительных ресурсов, интеграцией с существующими АСУТП системами и др.

ЛИТЕРАТУРА

1. Демидов, Н.А. Микропроцессорная система контроля кинематических параметров партионного снования / Н.А. Демидов // Изв. вузов. Технология текст. пром-сти. – 2012. – № 4. – С. 159 – 161.

2. Гусев, Б.Н. Определение оптимальной скорости снования пряжи / Б.Н. Гусев, Л.М. Морозова, Н.В. Евсеева, Б.И. Минц // Изв. вузов. Технология текст. пром-сти. – 1986. – № 4. – С. 39 – 42.
3. Маховер, В.Л. К вопросу определения оптимальной скорости снования пряжи / В.Л. Маховер // Изв. вузов. Технология текст. пром-сти. – 1993. – № 5.
4. Кулида, Н.А. Формирование партии однородных сновальных валов для шлихтования на основе мониторинга параметров наматывания / Н.А. Кулида, Н.А. Демидов // 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. 1. – 404 с.
5. Лебедев, С.К. Алгоритмы синтеза наблюдателей состояния нагрузки электропривода / С.К. Лебедев, А.А. Коротков // Вестник ИГЭУ, вып. 3. 2009.
6. Кулида, Н.А. Определение плотности намотки сновальных валов на основе кинематических параметров процесса / Н.А. Кулида, Н.А. Демидов, А.В. Круглов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – № 2 – 2013. – С. 77 – 81.
7. Кулида, Н.А. Определение плотности намотки по закономерности изменения длины нитей в слоях / Н.А. Кулида, А.В. Круглов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – № 2 – 2014 – С. 63 – 66.
8. Кулида, Н.А. Погрешность оценки напряженно-деформированного состояния сновальной паковки на основе кинематических параметров наматывания / Н.А. Кулида, Н.А. Демидов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – №2. – 2011. – С. 100 – 107.
9. Кулида, Н.А. Обоснование выбора периода квантования при измерениях кинематических параметров партионного снования / Н.А. Кулида, А.В. Круглов, Т.Ю. Карева // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – № 6 – 2013. – С. 91 – 94.

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИВОДА ВАЛКОВЫХ МАШИН

TOPICAL ISSUES OF RESEARCH DRIVE ROLLER MACHINES

Ю.Г. Фомин¹, Э.Э. Гасанова¹, А.А. Тувин¹, И.Ю. Шахова²
Y.G. Fomin¹, E.E. Gasanova¹, A.A. Tuvin¹, I.Y. Shakhova²

¹Ивановский государственный политехнический университет

²Ивановский государственный университет

¹Ivanovo State Polytechnic University

²Ivanovo State University

E-mail: fomin1938@yandex.ru, mirysik37@bk.ru,
tuvin@ivgpu.com, shakhova.ira@yandex.ru

Представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований приводов валковых машин. Установлено влияние технологических и конструктивных факторов на затраты мощности с использованием методов дисперсионного анализа и наименьших квадратов. Предложены выражения для расчета мощности на деформацию обрабатываемого материала и эластичного покрытия вала.

Ключевые слова: валковые машины; валковый механизм; обработка текстильных материалов.

The results of theoretical and experimental studies of roller drives are presented. The influence of technological and design factors on the power consumption using the methods of analysis of variance and least squares is established. Expressions for calculation of power on deformation of the processed material and an elastic covering of a shaft are offered.

Keywords: roller machines; roller mechanism; processing of textile materials.

Привод валковых машин обеспечивает создание энергетического потенциала с целью компенсации полезных и вредных сопротивлений в валковых модулях и кинематических цепях, а также транспортировки текстильных материалов с заданной рабочей скоростью.

Приводные устройства этого вида обладают рядом особенностей:

– наличием промежуточных механизмов (клиноременных, зубчатых, червячных передач) с достаточно большим передаточным числом из-за малой частоты вращения рабочих валов;

– необходимостью регулирования скорости машин в диапазоне 1:4 – 1:10 при смене ассортимента обрабатываемой ткани или рабочих режимов;

– возможностью применения практически большинства типов регулируемых электродвигателей (асинхронных с фазным ротором, трехфазных коллекторных, постоянного тока) при работе индивидуальной или в составе поточных линий (промывных, отделочных и др.);

– автоматическим подрегулированием рабочей скорости машин при агрегировании для поддержания постоянным натяжения тканей;

– наличием плавного пуска, энергичного и быстрого торможения, заправочной скорости и возможности выдерживать внезапные перегрузки при нестационарных режимах работы модулей.

Выбор элементов привода определяется технологической характеристикой и конкретными условиями работы валковой машины. Кинематические цепи приводов валковых машин подразделяются на открытые и замкнутые. В замкнутой кинематической цепи валы модуля в рабочем режиме контактируют через обрабатываемый материал и соединены между собой кинематически. Мощность, расходуемая на привод машины, определяется моментом ее

статического сопротивления, приведенного к ведущему валу модуля и обусловленного при установившемся движении конструктивными и технологическими факторами.

Распределение момента статического сопротивления по сборочным единицам машины позволяет выявить пути его снижения. Значения расчетного и фактического значений этого момента необходимо для обоснованного выбора электродвигателя при проектировании и оценки качества изготовления машины. Основными его составляющими являются моменты на преодоление сопротивлений трения качения и микроскольжения в жалах валов, деформации покрытия и материала, трения в подшипниках и при транспортировке ткани с заданным натяжением. Для определения этих составляющих необходимо выполнить силовой анализ взаимодействия валов модуля (на примере трехвальной плюсовки), используя метод тяговых усилий [5,6].

Экспериментальные исследования по определению составляющих МСВ проводились в производственных и лабораторных условиях. Для валкового модуля двухвальной машины при нагрузках в жале q_i от 10 до 100кН/м, скорости $V_{TK}=80$ м/мин и соотношения диаметров валов ($D1/D2$): 150/200, 250/300, 350/400 (мм) были получены данные для расчета усилий на преодоление сопротивления их качению. Результаты замеров и расчетов параметров представлены в таблицах 1, 2, 3.

Таблица 1

Результаты расчетов усилий для преодоления сопротивления качению валов ($D1/D2=150/200$ мм, $\alpha=13,3$ 1/с, $B=1800$ мм)

g Н/мм	$P_{i,i-1}$ кН	N_B кВт	k_i мм	F_i кН
10	18	1,6	6,7	2,81
20	36	2,3	4,8	4,03
30	54	3,2	4,5	5,67
40	72	4,0	4,2	7,06
50	90	4,7	3,9	8,19
60	108	5,5	3,8	9,58
70	126	6,2	3,7	10,88
80	144	6,9	3,6	12,09
90	162	7,5	3,5	13,23
100	180	8,1	3,4	14,28

Таблица 2

Результаты расчетов усилий для преодоления сопротивления качению валов ($D1/D2=250/300$ мм, $\alpha=8,87$ 1/с, $B=1800$ мм)

g Н/мм	$P_{i,i-1}$ кН	N_B кВт	k_i мм	F_i кН
10	18	1.28	10.01	2.12
20	36	1.84	7.35	3.04
30	54	2.56	6.56	4.56
40	72	3.20	6.18	5.29
50	90	3.76	5.90	6.22
60	108	4.40	5.65	7.27
70	126	4.96	5.45	8.21
80	144	5.52	5.38	9.12
90	162	6.00	5.22	9.93
100	180	6.48	5.07	10,72

Таблица 3

Результаты расчетов усилий для преодоления сопротивления качению валов
($D1/D2=350/400$ мм, $\square=6,65$ 1/с, $B=1800$ мм.)

g Н/мм	$P_{i,i-1}$ кН	N_B кВт	k_i мм	F_i кН
10	18	0.96	13.32	1.54
20	36	1.38	10.42	2.22
30	54	1.92	9.46	3.09
40	72	2.40	8.80	3.86
50	90	2.82	8.30	4.54
60	108	3.30	7.85	5.32
70	126	3.72	7.48	5.99
80	144	4.14	7.15	6.67
90	162	4.50	6.90	7.25
100	180	4.86	6.70	7.83

Результаты исследований, полученные при обработке экспериментальных данных, приведены в таблице 4.

Таблица 4

Результаты экспериментов по определению коэффициентов трения

Вид материала, артикул.	Коэффициент трения			
	по металлу		по резине	
	Влажность образца ткани			
	W = 5%	W = 70%	W = 5%	W = 70%
Шевит, арт. 223 (79% шерсти, 21% лавсан)	0,124	0,233	0,184	0,333
Тамир, арт. 221 (70% шерсти, 30% лавсан)	0,142	0,183	0,256	0,308
Саржа арт.3980	0,411	0,450	0,534	0,454
Репс, арт. 871	0,350	0,390	0,549	0,586
Сатин, арт. 520	0,388	0,420	0,547	0,567

Образцы тканей выдерживались перед началом экспериментов в гидростате TVPSH-2 до влажности $W=5\%$. Образцы мокрой ткани имели влажность $W=70\%$. Анализ результатов показал, что коэффициенты трения сухих шерстяных тканей по металлу и резине ниже коэффициентов трения для х/б тканей и зависят от процентного содержания в них шерсти и лавсана. Ткани с повышенным содержанием шерсти имеют меньший коэффициент трения. При наличии влажности ткани и комбинированного ее переплетения коэффициент трения увеличивается.

Для определения зависимости электромагнитного момента от интенсивности нагрузки в жале валов q и скорости V замеры параметров УН и ИН проводились у двигателей плюсовки ПД – 140 – 21, отжимов ОС – 140 – 1 и ОТ – 140 – 11 в режиме холостого хода (без ткани) при условии равенства: $M_{ЭМ} = M_c$. В цепь электродвигателей приводов подключались измерительные приборы (амперметр и вольтметр).

В качестве базового оборудования для определения параметров привода выбрана многоцелевая унифицированная валковая машина МВУ – 140, предназначенная для выполнения технологических операций отжима, пропитки и каландрирования тканей.

Для расчета мощности на привод валкового модуля проводилась оценка влияния основных факторов на ее величину. Мощность на привод валковой машины КЛ – 2/20 замерялась с помощью самопишущего ваттметра Н348, включенного в сеть электродвигателя

привода. Показания мощности записывались при значениях нагрузки в жале валов P в пределах $(4...12)10^3$ Н и линейных скоростях их движения V от 30 до 90 м/мин.

На основании полученных данных построены графики зависимости мощности, потребной на привод валкового модуля, от параметров P и V . С увеличением рабочей скорости и нагрузки в жале валов потребная на привод мощность возрастает, что подтверждает результаты экспериментов на валковых машинах в производственных условиях.

Эксперимент, позволяющий исследовать влияние на затраты мощности технологических и конструктивных параметров, является многофакторным. С учетом этого проведены электротехнические испытания отделочных машин на АО “Тейковотекстиль” и АО “Самтекс”. Планирование эксперимента выполнено по греко-латинским квадратам [2, 5, 6]. При исследовании были выбраны четыре фактора: диаметр и линейная скорость приводного вала, интенсивность распределенной нагрузки в жале валов и твердость их эластичного покрытия. При этом проведен четырехфакторный дисперсионный анализ с повторными опытами и одинаковым числом уровней, равным трем.

Ниже перечислены:

A – диаметр приводного вала: $a_1=320$ мм, $a_2=265$ мм, $a_3=210$ мм;

B – линейная скорость приводного вала: $b_1=80$ м/мин, $b_2=100$ м/мин, $b_3=120$ м/мин;

C – интенсивность распределенной нагрузки в жале валов: $a=30$ кН/м, $b=40$ кН/м, $c=50$ кН/м;

D – твердость эластичного покрытия вала в зависимости от материала: D – твердость эластичного покрытия вала в зависимости от материала: $\blacktriangledown = 70$ ед. по Шору А (резина марки 2-606-7), $\square = 92$ ед. по Шору А (полиуретан марки ГУП-5К), $\blacksquare = 97$ ед. по Шору А (набор из нетканого материала);

Y_1, Y_2 – потребляемая мощность, кВт.

Таблица 5

Исходные данные и результаты эксперимента

№	A	B	C	D	Y_1	Y_2
1	320	80	30	70	4.5	4.6
2	320	100	40	92	5.3	5.2
3	320	120	50	97	7.1	7.2
4	265	80	40	97	3.2	3.4
5	265	100	50	70	6.5	6.7
6	265	120	30	92	4.7	4.8
7	210	80	50	92	7.1	7.3
8	210	100	30	97	4.3	4.5
9	210	120	40	70	9.4	9.8

Сравнение полученных дисперсионных отношений с табличным значением показало, что все линейные эффекты значимы. Следовательно, влияние всех четырех факторов на потребную мощность существенно.

Для оценки различий в средних значениях параметра оптимизации (Y) в зависимости от уровней факторов использован множественный ранговый критерий Дункана [2].

Для получения математической модели необходимо использовать методику планирования эксперимента [1, 4], которая позволяет по сравнению с традиционными методами значительно сократить затраты времени и средств, выявить влияние каждого фактора на параметр оптимизации и их эффекты взаимодействия. В этом случае характерно применение полиномиальных моделей, обеспечивающих условия аппроксимации и удобные при решении задач оптимизации.

В процессе проектирования валковых машин следует исходить из основных технологических принципов: получение заданных показателей обработки материала,

достижение его наименьшей остаточной влажности, сохранение структуры и природных физико-механических свойств, обеспечение равномерности влажности по ширине, минимальные энергозатраты на привод машины.

Основные параметры, влияющие на данные показатели: давление на материал, скорость обработки, диаметры и твердость покрытий валов, их конструкция, температура и др. В рациональной конструкции валковой машины должны быть приняты такие величины перечисленных параметров, которые позволили бы добиться наилучшего эффекта обработки.

текстильного материала при сохранении его природных свойств. Проектирование валковых модулей проводится с учетом конструктивных, технологических и эксплуатационных требований. Экономичность модулей в процессе эксплуатации в первую очередь определяется уровнем энергозатрат на их привод.

В результате экспериментальных исследований, выполненных в производственных и лабораторных условиях, выявлены основные направления снижения затрат электрической энергии:

- оптимальный выбор параметров движения материала и нагрузки в зоне контакта валов модуля в соответствии с требованиями технологического процесса;
- использование условий получения минимальных размеров площадки контакта валов за счет выбора вида, толщины и модуля упругости их эластичного покрытия;
- обеспечение максимально возможной равномерности распределения нагрузки в жале валов с применением систем ее контроля и последующей корректировки;
- устранение источников перегрева покрытий валов в рабочих режимах;
- применение способов оптимальной транспортировки тканей через модули.

При проектировании валов модулей с учетом вышесказанного целесообразно учесть следующие рекомендации:

- увеличение жесткости деталей модуля, работающих в области упругой деформации их материалов;
- применение наиболее перспективных сочетаний пар валов модулей (0-1, 1-1, 1-2) с использованием малогабаритных конструкций;
- разработка эластичных покрытий валов с максимально возможным модулем упругости и толщиной в пределах 20...40 мм;
- использование валов диаметром 300...400 мм;
- выбор геометрических размеров валов на рабочие ширины 2600 мм и 3200 мм, полученных на основе расчётных программ оптимизации с использованием ЭВМ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. - М.: Наука, 1976. - 278 с.
2. Ахназарова С.Л., Кадаров В.В. Оптимизация эксперимента в химии и химической технологии. -М.: Высшая школа, 1987. - 292 с.
3. Бартенев Г.М., Зеленов Ю.В. Физика и механика полимеров. -М.: Легкая индустрия, 1983. - 318 с.
4. Севостьянов А.Г. Методы и средства исследования механико- технологических процессов текстильной промышленности. -М.: Легкая индустрия, 1980. - 392 с.
5. Фомин Ю.Г. Оборудование отделочного производства. Энциклопедия. Машиностроение. Раздел IV. Том 13. Глава 14. -М.: Машиностроение, 1997. - С. 174-199.
6. Фомин Ю.Г., Удвал Л. Определение энергозатрат на привод модуля.// Сборник научных трудов.- Улан-Батор: МОНТУ, 1996. - №1/23. - С. 86-87.
7. Шмелев А.Н., Шишло К.С. Электрооборудование промышленных предприятий текстильного производства. - М.: Легкая индустрия, 1975. -319 с.

**РАЗВИТИЕ МЕТОДОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ОЦЕНИВАНИЯ КАЧЕСТВА
ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ**

**DEVELOPMENT OF METHODOLOGY OF DESIGNING AND EVALUATING QUALITY
OF GEOSYNTHETIC MATERIALS**

Б.Н. Гусев¹, Н.А. Грузинцева¹, М.А. Лысова²
B.N. Gusev¹, N.A. Gruzinceva¹, M.A. Lysova²

¹Ивановский государственный политехнический университет

²Ивановский государственный химико-технологический университет

¹Ivanovo State Polytechnic University

²Ivanovo State University of Chemistry and Technology

E-mail: gruzincevan@mail.ru, mtsm@ivgpu.com, lysova7@yandex.ru

В статье рассматривается методология проектирования и оценивания качества геосинтетических материалов, применяемых в различных областях строительной индустрии. Использование данной методологии позволяет обеспечить соответствующий уровень конкурентоспособности производимой продукции.

Ключевые слова: геосинтетические материалы, качество, проектирование и оценивание.

The article deals with methodology of designing and evaluating the quality of geosynthetic materials used in various areas of the construction industry. Use of this methodology allows to provide the corresponding level of competitiveness of the made production.

Key words: geosynthetic materials, quality, design and evaluation.

Современное промышленное производство формирует свою продукцию в условиях жесткой конкуренции, характерной для рыночной экономики. Основной составляющей конкурентоспособности продукции является её качество. Требования к качеству продукции определяются через системы менеджмента качества предприятий, которые создаются на основе реализации международных стандартов ИСО серии 9001 [1]. В этих стандартах в соответствии с жизненным циклом продукции выделены основные процессы обеспечения её качества: планирование; проектирование; производство; контроль качества (выходной контроль) и т.д. Таким образом, для обеспечения требуемого уровня качества производимой продукции на начальном этапе важную роль играют процессы проектирования (прогнозирования) качества, а на финальной стадии производства продукции оценка фактического уровня её качества.

Наиболее распространенным подходом в проектировании качества промышленной продукции является метод [2], [3], отражающий "Развертывание Функции Качества" (Quality Function Deployment – QFD). Основные операции методологии QFD связаны с необходимостью выявления требований потребителей к качеству продукции, перевода требований потребителей в количественные характеристики (показатели) продукции, установления необходимых нормативных (базовых) значений показателей качества продукции. Используемый метод проектирования имеет определенные недостатки, связанные с тем, что, во-первых, потребители не владеют информацией о свойствах продукции и раскрывают свои суждения в абстрактных понятиях, отличающихся от установленной номенклатуры единичных показателей качества (ЕПК), которая в каждом отдельном случае для соответствующих объектов должна быть уточнена. Во-вторых, требуется комплексная оценка качества проектируемой продукции, необходимая для подтверждения достигнутого уровня качества.

В работе предложен другой подход в проектировании качества геосинтетической продукции, основанный на анализе функций выполняемой этим изделием в конкретной строительной конструкции.

В качестве объекта исследования выбрано геосинтетическое тканое полотно (ГСТП), произведённое из полиэфирных нитей на предприятии ООО «Ультростаб» (Ивановская область) и предназначенное для строительства автомобильных дорог.

Согласно [4], для геосинтетических тканых полотен, применяемых в дорожном строительстве, основными функциями являются армирование, разделение и защита. В табл. 1 представлена взаимосвязь выделенных функций ГСТП с возможными видами технологического воздействия на него при эксплуатации строительного объекта.

Таблица 1

Определение взаимосвязи выполняемых функций ГСТП в дорожном полотне на его технологическое воздействие

Выполняемая функция материала	Вид технологического воздействия								
	Усилие на растяжение	Усилие на изгиб	Усилие на продавливание	Воздействие циклических нагрузок	Воздействие влаги	Изменение температуры	Влияние микроорганизмов	Влияние агрессивных сред	Воздействие дневного света
Армирование	+	-	+	-	+	+	+	+	-
Разделение	-	-	+	-	+	-	+	+	-
Защита	-	-	-	-	+	-	+	+	-

Примечание: «+» - наличие взаимосвязи; «-» - отсутствие взаимосвязи.

Из табл. 1 видно, что ГСТП, выполняющее в дорожном полотне функцию армирования, имеет наибольшее количество связей с представленными видами технологического воздействия.

Для тканого геополотна из полиэфирных нитей необходимо сформировать базу данных по простым свойствам по различным группам, а именно, группам назначения, эксплуатационной надёжности и стойкости к внешним воздействиям. При выделении данных групп свойств за основу взят нормативный документ РД-50-64-84 [5]. Применительно к геотекстильным материалам, используемых при ремонте и строительстве автомобильных дорог, были сформированы матрицы по соответствующим группам. В табл. 2 представлена построенная матрица свойств эксплуатационной надёжности для геосинтетических материалов.

Таблица 2.

Матрица свойств группы эксплуатационной надёжности геосинтетических материалов

Вид (форма) механического воздействия	Условия получения характеристик		
	Полуцикловые	Одноцикловые	Многоцикловые
Растяжение	Удлинение Прочность *	Упругость Эластичность Пластичность	Усталость Долговечность * Выносливость *
Сжатие	Ползучесть Прочность *	Упругость Эластичность Пластичность	Долговечность * Выносливость *
Изгиб	Жесткость Закручиваемость Гибкость	Сминаемость Упругость Эластичность Пластичность	Усталость Долговечность * Выносливость *
Продавливание	Прочность *	Упругость	Фильтруемость

Примечание: «*» - с разрушением пробы.

Выделенные полужирным начертанием простые свойства являются наиболее приемлемыми свойствами для данного вида геосинтетических изделий.

Для иллюстрации схемы перехода от конкретного вида технологического воздействия к отдельным свойствам тканого ГСПИ используем только группу свойств эксплуатационной надёжности, приведённой в табл. 2. При этом для установления тесноты статистической связи между ними применяем шкалу порядка в баллах: 9 - сильная; 5 - средняя; 1 - слабая.

Таблица 3

Выделение свойств ГСПИ в зависимости от вида на него технологического воздействия

Вид технологического воздействия	Свойства эксплуатационной надёжности				
	Прочность при растяжении	Прочность при продавливании	Прочность при ударе	Удлинение при растяжении	Просачиваемость грунта (фильтруемость)
Усилие на растяжение	9	9	1	9	5
Усилие на продавливание	5	5	5	5	5
Воздействие влаги	5	9	5	5	5
Изменение температуры	5	1	5	1	1
Влияние микроорганизмов	9	1	5	5	5
Влияние агрессивных сред	9	1	5	5	5
Весомость (в абсолютных единицах)	42	26	26	30	26
Весомость (в относительных единицах)	0,28	0,17	0,17	0,20	0,17

Приведённая в табл. 3 сумма баллов отражает весомость конкретного свойства в соответствующей группе свойств эксплуатационной надёжности. В итоге в табл. 4 представлены отдельные (простые) свойства ГСПИ, распределённые по соответствующим группам, которые в совокупности определяют его качество.

Таблица 4

Распределение определяющих свойств ГСПИ по соответствующим группам

Группа свойств	Отдельные (простые) свойства
Назначения	Вид переплетения основных и уточных нитей Толщина Ширина Плотность Связность нитей (для геосеток)
Эксплуатационной надёжности	Прочность при растяжении Прочность при ударе Прочность при продавливании Деформируемость (удлинение) при растяжении Просачиваемость грунта (фильтруемость)

Стойкости к внешним воздействиям	Водопроницаемость Морозостойкость Гибкость (под действием температуры) Грибоустойчивость Устойчивость к агрессивным средам Устойчивость к воздействию ультрафиолетового излучения Устойчивость к циклическим нагрузкам
----------------------------------	--

Следующим этапом проектирования качества является формирование состава количественных характеристик выделенных свойств из соответствующей базы данных и присвоение им статуса «Показатель качества ГСТМ» (см. табл. 5) по определенным критериям (достижения наибольшей информативности при применении данного показателя, имеющегося соответствующий национальный (отраслевой) стандарт на методику измерения данного показателя и т.д.).

Таблица 5

Количественные характеристики определяющих свойств ГСТП

Свойство	Количественные характеристики свойств и их единица измерения
Группа свойств «Назначения»	
Вид переплетения основных и уточных нитей	Плотняное
Толщина	Номинальная толщина, мм
Ширина	Ширина полотна в рулоне, см
Плотность	Поверхностная плотность, г/м ² Объёмная плотность, г/м ³
Группа свойств «Эксплуатационной надежности»	
Прочность (при растяжении, ударе, продавливании)	Абсолютная разрывная нагрузка (по основе, по утку), кН/м Удельная разрывная нагрузка (по основе, по утку), кН/м ² Разрывное напряжение (по основе, по утку), кН/м ² Абсолютная работа разрыва (по основе, по утку), Дж Показатель прочности при продавливании, кН Показатель ударной прочности, мм
Деформируемость (удлинение)	Абсолютное удлинение (по основе, по утку), мм Относительное удлинение при максимальной нагрузке (по основе, по утку), %
Просачиваемость грунта (фильтруемость)	Коэффициент фильтрации в направлении вертикальном (перпендикулярном) к плоскости полотна, м/сут Размер пор, мкм Максимальный размер частиц грунта проходящий через поры, мм
Группа свойств «Стойкость к внешним воздействиям»	
Водопроницаемость	Показатель водопроницаемости, дм ³ /(м ² с)
Морозостойкость	Показатель морозостойкости, %
Гибкость	Показатель гибкости при нормальной температуре, °С Показатель гибкости при низких температурах, °С Показатель гибкости при высоких температурах, °С
Грибоустойчивость	Показатель стойкости к микроорганизмам, %
Устойчивость к воздействию агрессивных сред (щёлочных и кислотных дождей)	Показатель стойкости к действию агрессивных сред, %

Устойчивость к воздействию ультрафиолетового излучения	Показатель устойчивости к действию ультрафиолетового излучения, %
Устойчивость к циклическим нагрузкам	Показатель устойчивости к циклическим нагрузкам, %

Далее осуществляют ранжирование ЕПК по методике [6]. Конечной целью процесса проектирования качества, помимо определения номенклатуры ЕПК является установление их нормативных значений.

Таблица 6

Фактические и базовые значения ЕПК ГСПТ

Показатели	Значения		Коэффициент весомости
	фактические	базовые (нормативные)	
Группа назначения			0,22
Ширина, см	539	540	0,30
Толщина, мм	4,2	4,2	0,30
Поверхностная плотность, г/м ²	352	350	0,40
Группа эксплуатационной надежности			0,45
Разрывная нагрузка (по длине), кН/м	105	100	0,14
Разрывная нагрузка (по ширине), кН/м	98	100	0,14
Относительное удлинение (по длине), %	12	10	0,10
Относительное удлинение (по ширине), %	17	18	0,10
Показатель ударной прочности, мм	28	30	0,17
Прочность при продавливании, кН	2,4	1,5...3,0	0,17
Коэффициент фильтрации в горизонтальном направлении к плоскости полотна, м/сут	18	20	0,17
Группа стойкости к внешним воздействиям			0,33
Показатель морозостойкости, %	90	90	0,40
Показатель стойкости к микроорганизмам, %	90	90	0,30
Показатель стойкости к действию агрессивных сред, %	90	90	0,30

Примечание: числовые значения по всем показателям качества приведены для тканого ГСПТ при значении номинальной поверхностной плотности 350 г/м².

На основании данных, представленных в табл. 4 и 6 определяют комплексный показатель качества в соответствии с [6].

Следует отметить, что существующий подход является работоспособным, а также анализ полученных результатов открывает новые перспективы в области совершенствования качества промышленной продукции.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ Р ИСО 9001-2015. Система менеджмента качества. Требования.
2. Брагин, Ю.В. Путь QFD: проектирование и производство продукции исходя из ожиданий потребителя / Ю.В. Брагин, В.Ф. Корольков. – Ярославль: Центр Качества, 2003. – 240 с.
3. Матрохин, А.Ю. Анализ методов проектирования и контроля качества текстильных материалов / А.Ю. Матрохин, Н.В. Евсеева, Б.Н. Гусев // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. - 2008. - №1. – С. 99-102.
4. ОДМ 218.5.005-2010. Классификация, термины, определения геосинтетических материалов применительно к дорожному хозяйству.
5. РД-50-64-84. Методические указания по разработке государственных стандартов, устанавливающих номенклатуру показателей качества групп однородной продукции.
6. Лысова, М.А. Математические методы в проектировании и оценивании качества текстильных материалов и изделий/М.А.Лысова, И.А.Ломакина, С.В.Лунькова, Б.Н.Гусев. - Иваново: ИГТА, 2012. – 252 с.
7. ГОСТ 161-86. Ткани хлопчатобумажные, смешанные и из пряжи химических волокон. Определение сортности.
8. ГОСТ 29298-2005. Ткани хлопчатобумажные и смешанные бытовые. Технические условия.

АНАЛИЗ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПРЯЖИ ИЗ СМЕСИ ХЛОПКА И ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩИХ ВОЛОКОН

ANALYSIS OF THE PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF YARNS FROM A BLEND OF COTTON AND CONDUCTIVE FIBERS

Д.Б. Рыклин, В.В. Давидюк
D. B. Ryklin, V.V. Davidziuk

Витебский государственный технологический университет, (Беларусь)
Vitebsk State Technological University
E-mail: ryklin-db@mail.ru, dav68.by@gmail.com

Представлены результаты исследования свойств пряжи, выработанной из смеси хлопкового волокна и электропроводящих волокон Bekinox кольцевым и пневмомеханическим способом прядения. Проанализировано влияние способа прядения и линейной плотности пряжи на ее основные физико-механические свойства.

Ключевые слова: электропроводящие волокна, способ прядения, свойства пряжи.

The paper presents the results of investigation of ring-spun and OE-spun yarns properties manufactured from a blend of cotton fiber and conductive fibers Bekinox. The influence of the spinning system and yarn linear density on its physical and mechanical properties is analyzed.

Keywords: electrically conductive fibers, spinning system, yarn properties.

За последние годы на большинстве прядильных предприятиях Республики Беларусь осуществлено широкомасштабное техническое перевооружение с установкой новейшего технологического оборудования, производимого мировыми лидерами текстильного машиностроения. Одним из путей повышения эффективности использования установленного оборудования является развитие ассортимента пряжи и комбинированных нитей для изготовления текстильных материалов специального назначения. Именно разработка специального текстиля считается основным способом сохранения текстильного производства в большинстве стран Западной Европы.

Современный ассортимент волокон со специальными свойствами достаточно широк. Он включает высокопрочные, огнетермостойкие, электропроводные волокна, а также волокна с антибактериальными, терморегулирующими и другими свойствами.

Электропроводящие волокна используются в составе тканей специального назначения для решения одной из двух задач:

- создание антистатического эффекта;
- экранирование электромагнитного излучения.

В настоящее время наиболее известным и распространенным волокном, используемым для создания антистатических тканей, является волокно Bekinox, производимое компанией Bekaert (Бельгия). Данное волокно представляет собой отрезки проволоки из нержавеющей стали. Волокно поставляется, как правило, в виде ленты в чистом виде (Bekaert Bekinox VS) или в ленте (Bekaert Bekinox LT), в которой волокно Bekinox смешано с полиамидным волокном [1, 2].

Объектом исследований в данной работе являлись образцы пряжи, состоящие из 90 % хлопкового волокна и 10 % волокна Bekinox. Смешивание компонентов осуществлялось лентами на ленточной машине. Образцы пряжи вырабатывались двумя способами:

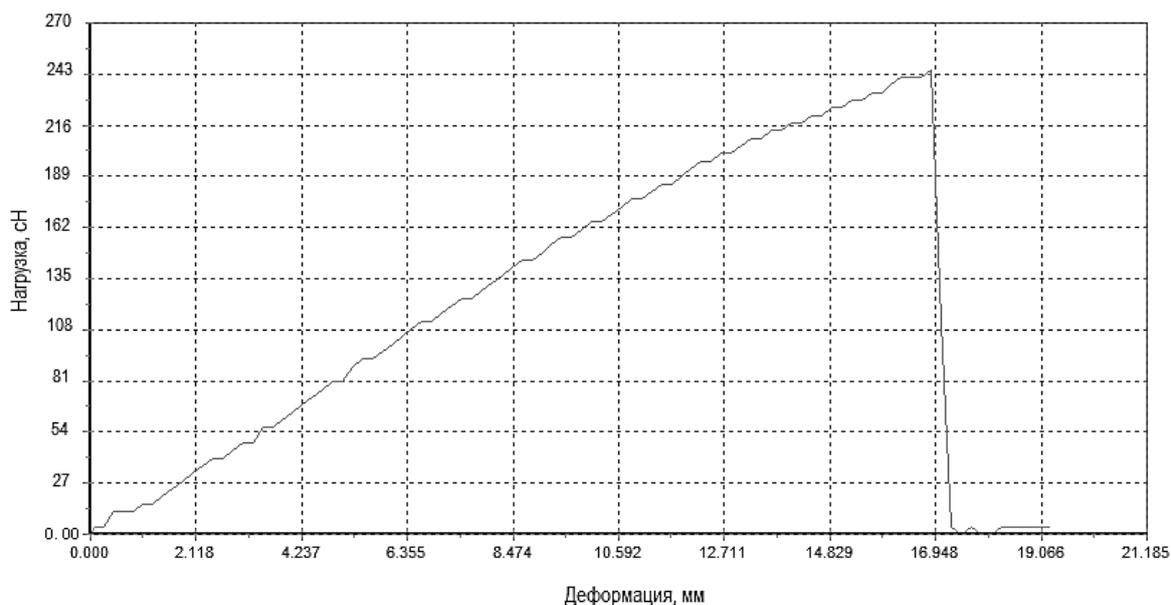
- кольцевым способом на прядильной машине G35 (Rieter);
- пневмомеханическим способом на машине ППМ-120.

Разработка технологического процесса осуществлялась совместно со специалистами ОАО «Гронитекс» (Гродно, Республика Беларусь), в условиях которого вырабатывалась

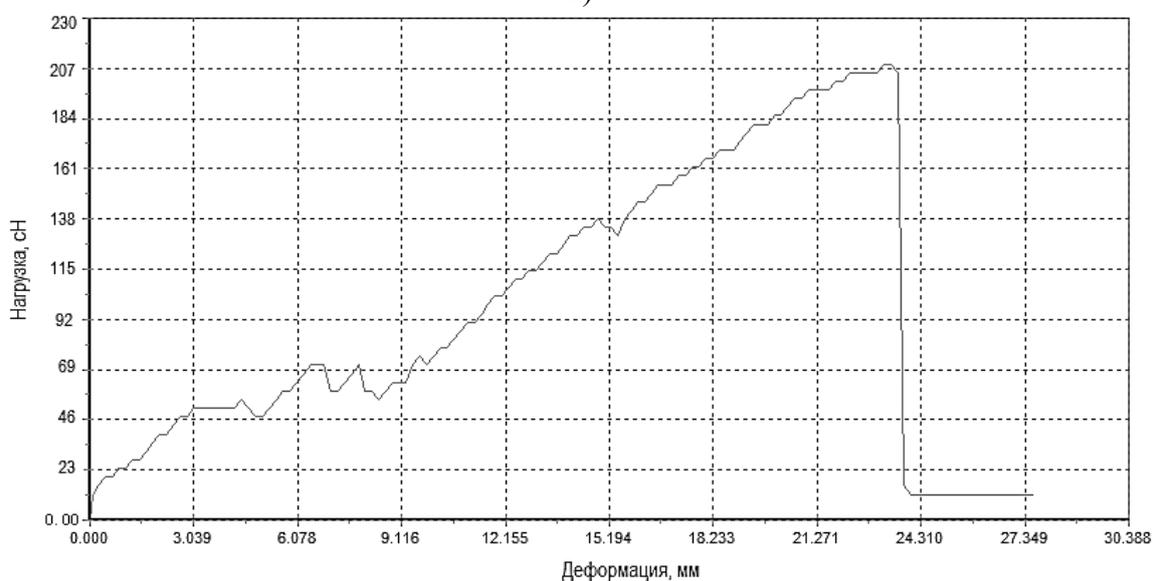
пряжа кольцевым способом прядения. Нарботка образцов пряжи пневмомеханическим способом осуществлялась в лаборатории кафедры «Технология текстильных материалов» Витебского государственного технологического университета.

В связи с тем, что волокно Векінох имеет линейную плотность 0,9 текс, значительно превышающую линейную плотность хлопкового волокна, существенное значение приобретает равномерность распределения компонентов в структуре пряжи. Неравномерность распределения волокон оказывает существенное влияние на физико-механические свойства пряжи.

На рис.1 представлены кривые растяжения образцов пряжи линейной плотности 20 текс, выработанной кольцевым способом формирования.



а)



б)

Рис.1 Кривые растяжения пряжи кольцевого способа прядения:
а – при равномерном распределении волокон Векінох по сечению продукта;
б – при неравномерном распределении

Анализируя данные кривые, можно отметить, что для образцов, в структуре которых волокно Векінох распределяется равномерно, приложенная нагрузка практически

пропорциональна деформации (рис. 1 а). В этом случае разрыв стальных волокон на кривой никак не проявляется, что связано с их малым процентным содержанием (10 %). При таком содержании среднее количество волокон Bekinox в сечении пряжи составляет 2,2 шт. Суммарная прочность этих волокон не превышает 40 сН, что соответствует значениям менее 7 % суммарной прочности хлопковых волокон. С учетом того, что в слабом месте пряжи, в котором происходит разрыв, количество стальных волокон может быть меньше среднего значения, отсутствие его влияния на вид кривой растяжения становится более очевидным.

Однако в случае повышения содержания стального волокна в пробе с учетом низкого значения его разрывного удлинения (1 %) в левой части кривой (рис. 1 б) наблюдается отклонение от закономерности, описанной выше.

Пневмомеханический способ прядения обеспечивает более равномерное распределение компонентов в структуре пряжи за счет циклического сложения слое в желобе прядильной камеры. Необходимо отметить, что введение в состав смеси волокон Bekinox не создало технологических проблем при производстве пряжи пневмомеханическим способом прядения.

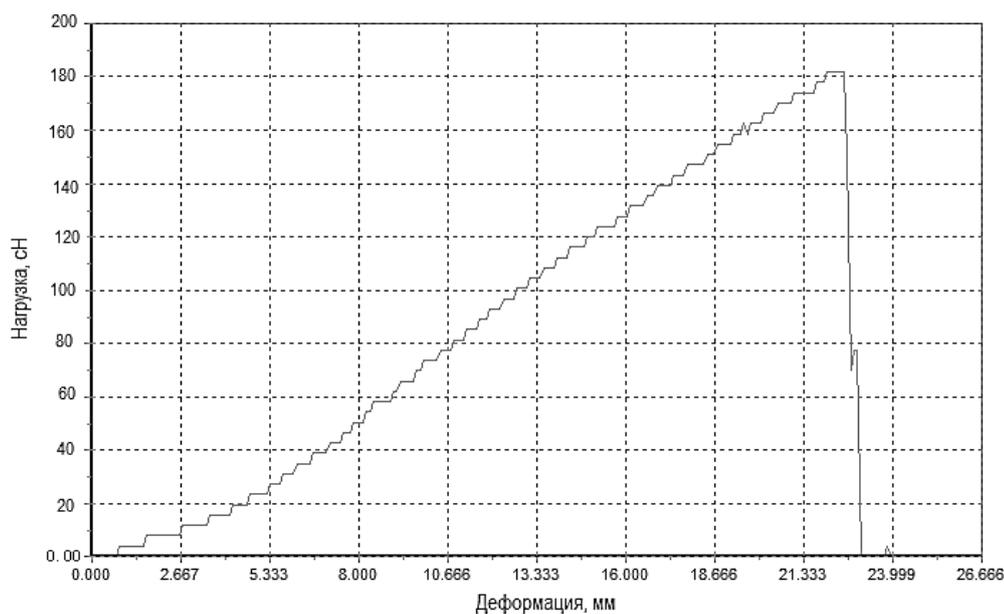
Все полученные кривые растяжения пряжи различной линейной плотности, выработанной пневмомеханическим способом прядения, имели прямолинейный характер (рис. 2).

В таблице 1 приведены физико-механические показатели образцов пряжи с вложением волокон Bekinox.

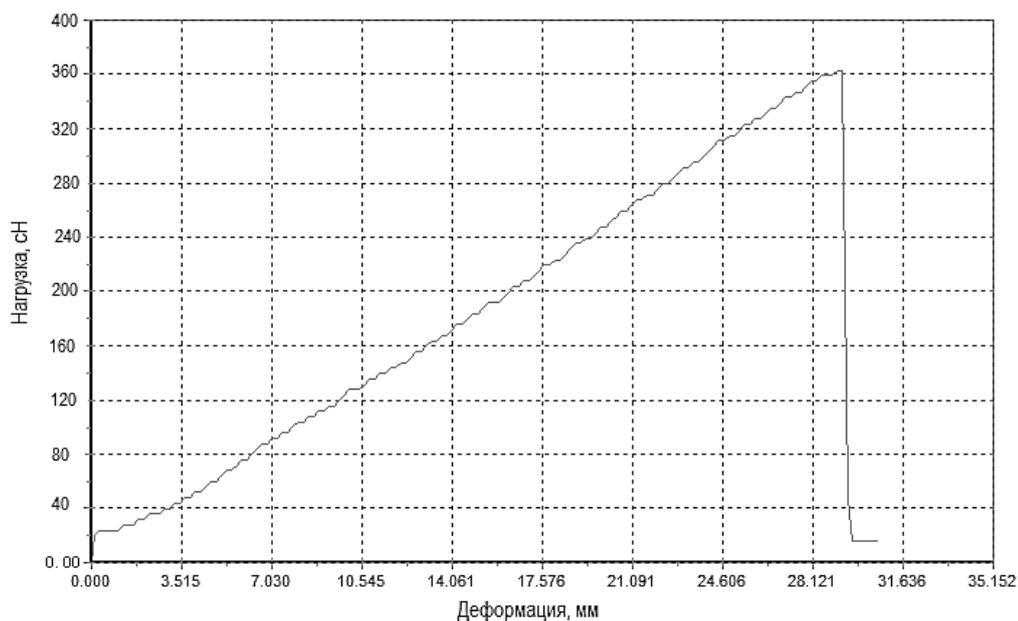
Таблица 1

Физико-механические свойства опытной пряжи с содержанием 10 % стального волокна Bekinox

Наименование показателя	Значение показателя		
	Кольцевой	Пневмомеханический	
Способ прядения			
Линейная плотность, текс	20	22	34
Крутка, кр./м	698	1027	847
Разрывная нагрузка, сН	285,6	181,8	330,5
Удельная разрывная нагрузка, сН/текс	14,7	8,26	9,72
Коэффициент вариации по разрывной нагрузке, %	10,0	10,24	11,25
Относительное разрывное удлинение, %	3,9	6,9	7,9



а)



б)

Рис. 2 Кривые растяжения пряжи пневмомеханического способа прядения:
а – 22 текс; б – 34 текс

Можно отметить, что удельная разрывная нагрузка пряжи пневмомеханического способа прядения существенно ниже соответствующего значения пряжи, полученной на кольцевой прядильной машине, что связано с особенностями ее структуры. При этом способ прядения не оказал существенного влияния на неровноту пряжи по разрывной нагрузке. С увеличением линейной плотности пряжи пневмомеханического способа прядения ее удельная разрывная нагрузка повышается, что связано со снижением ее неровноты по линейной плотности.

Таким образом, применение пневмомеханического способа прядения ограничено требованиями к прочности пряжи с вложением электропроводящих волокон. В случае высоких требований потребителя рекомендуется использовать для производства пряжи кольцевой способ прядения. Если же поставлена задача максимального повышения равномерности пряжи по составу, а необходимость в ее высокой разрывной нагрузке отсутствует, применение пневмомеханического способа прядения является целесообразным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Материалы сайта: <https://bekaert.com> (Дата доступа 30.08.2019).
2. Материалы сайта: <https://vostok.ru> (Дата доступа 30.08.2019).

НАНОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПРИДАНИЯ ТЕКСТИЛЬНЫМ МАТЕРИАЛАМ БАКТЕРИЦИДНЫХ СВОЙСТВ

NANOTECHNOLOGICAL METHODS OF IMPARTING BACTERICIDAL PROPERTIES TO TEXTILE MATERIALS

В.В. Хамматова, Р.Ф. Гайнутдинов
V.V. Hammatova, R.F. Gaynutdinov

Казанский национальный исследовательский технологический университет
Kazan National Research Technological University.
venerabb@mail.ru, gainutdin_ruslan@mail.ru

В статье рассматриваются вопросы, связанные с разработкой нового поколения натуральных хлопчатобумажных текстильных материалов специального назначения, которые широко используются в технике, медицине, сельском хозяйстве и в быту. Наиболее важным показателем определяющим антимикробные свойства являются показатели предела прочности при растяжении и коэффициент устойчивости к микробиологическому разрушению. Проведены исследовательские испытания бактерицидных свойств текстильных материалов и представлены полученные результаты.

Ключевые слова: специальная одежда, текстильный материал, плазма, защитные свойства, нанотехнологии

The article deals with the issues related to the development of a new generation of natural cotton textile materials for special purposes, which are widely used in engineering, medicine, agriculture and in everyday life. The most important indicator determining antimicrobial properties are the indicators of tensile strength and the coefficient of resistance to microbiological destruction. Research tests of antimicrobial properties of textile materials were carried out and the results obtained were presented.

Keywords: special clothing, textile material, plasma, protective properties, nanotechnology

Среди традиционных текстильных материалов, подавляющих жизнедеятельность патогенной микрофлоры, все большее применение находят материалы, обладающие высокой бактерицидной активностью, выполненные на текстильных носителях: тканых и трикотажных [1].

Большой вклад в развитие производств текстильных материалов с бактерицидными агентами и их широкое применение в медицинской практике внесли исследователи А.В. Седов, С.Ф. Гончаров, Г.Г. Онищенко, Т.И. Трегуб, И.П. Астафьева и др. из Всероссийского центра медицины катастроф ВЦМК «Защита» [2].

Установлены оптимальные технологические режимы промышленного производства биологически активных текстильных материалов, изготовленных на основе модифицированной целлюлозы (В.Н. Филатов и др.) [3].

Разработано семейство бактерицидных материалов в виде перевязочных средств первой помощи «АКТИВТЕКС», представляющих собой трехслойные повязки с промежуточным слоем из трикотажного кругловязаного полотна, способных обеспечивать эффективное комплексное воздействие на рану (С.Н. Болдырев, Т.С. Васильева и др.) [4-6].

Основная цель исследования в данной работе заключается в разработке метода обработки материалов, поверхность которых обладает бактерицидными свойствами. Разработку можно применить в том числе при создании имплантируемых медицинских изделий, поверхность которых устойчива к формированию биопленок — множеству микроорганизмов, расположенных на определенной поверхности.

Проведены исследования влияния потока «холодной» плазмы пониженного давления и коллоидного раствора наночастиц серебра на образцы хлопчатобумажных текстильных материалов специального назначения для повышения бактерицидных свойств.

Обработка опытных образцов текстильных материалов осуществлялась на уникальной полупромышленной плазменной установке периодического действия «ВАТТ 1500 Р/Р ПЛАЗМА 3», где устанавливался рулон исходного материала между ВЧ электродами в

вакуумной камере. При закрытии крышки вакуумной камеры с помощью откатной двери, электроды устанавливались в рабочее положение. В камере создавалось пониженное давление и происходила обработка в потоке неравновесной низкотемпературной плазмы пониженного давления [10].

Наномодифицирование экспериментальных образцов текстильных материалов из хлопковых волокон осуществлялось при варьировании входных параметров плазменной установки, к которым относятся: мощность разряда (W_p)=0,2–2,0 кВт, расход плазмообразующего газа (G) от 0 до 0,08 г/с, давление в вакуумной камере (P_k) от 13 до 53 Па и время обработки (τ) от 1 до 3 м/мин, мощность потребляемая установкой ($P_{потр.}$) от 1,0 до 5,0 кВт, частота 50 Гц. В качестве плазмообразующего газа использовали аргон, аргон – пропан-бутан.

Объектом исследования являлись текстильные материалы на основе хлопка, широко используемые в медицине, сельском хозяйстве и в быту.

Антимикробные свойства образцов текстильных материалов проверялись с применением метода лабораторных испытаний на устойчивость к микробиологическому разрушению согласно ГОСТ 9.060–75 [11]. Сущность метода заключалась в том, что образцы антисептированного и исходного текстильного материала в определенных условиях подвергали длительному воздействию естественного комплекса почвенной микрофлоры путем нанесения ее на поверхность текстильного материала, а затем определялась устойчивость к микробиологическому разрушению и устойчивость к действию многоциклового нагрузок.

Придание текстильным материалам бактерицидных и одновременно прочностных свойств позволит производить из них наукоемкие и социально значимые виды продукцию, предназначенные для имплантируемых медицинских изделий, а также персонала и пациентов лечебных и социальных учреждений и т.п. Поставленные задачи можно решить с помощью модифицирования текстильных материалов с содержанием хлопка как потоком «холодной» плазмы пониженного давления, так и пропитки коллоидным раствором наночастиц серебра.

Сущность метода испытаний заключалась в том, что модифицированные и контрольные образцы текстильных материалов в определенных условиях подвергали длительному воздействию естественного комплекса патогенной и условно-патогенной микрофлоры путем нанесения ее на поверхность материалов, а затем определяли показатели предела прочности при растяжении и коэффициент устойчивости к микробиологическому разрушению.

Данные, характеризующие качественных показателей полученных модифицированных текстильных материалов поверхностной плотности 150 г/м² после воздействия тест - культур *Bacillus subtilis* и *Escherichia coli* O55 приведены в таблице 1, а определение коэффициентов устойчивости наномодифицированных образцов текстильных материалов к процессам биоразрушений, представлены в таблице 2. Показатели предела прочности при растяжении оценивали на разрывной машине XLW.

Таблица 1

Результаты испытания к процессу биоразрушения модифицированных образцов текстильных материалов от воздействия тест - культур *Bacillus subtilis* и *Escherichia coli* O55

№ образца	Наименование текстильных материалов	Температура пропитки, T ⁰ C			
		25 ⁰ C		40 ⁰ C	
		60 мин	120 мин	60 мин	120 мин
		Предел прочности при растяжении, Н (до биоразрушения / после биоразрушения)			
Тест - культура <i>Bacillus subtilis</i>					
1.	Текстильный материал с хлопковыми волокнами, поверхностной плотности 150 г/м ²	105,7/ 104,3	108,6/ 107,1	107,2/ 106,5	108,7/ 107,4
Тест - культура <i>Escherichia coli</i> O55					
2.	Текстильный материал с хлопковыми волокнами, поверхностной плотности 150 г/м ²	115,7/ 114,0	118,6/ 116,2	117,2/ 116,0	118,7/ 117,0

Коэффициент устойчивости к микробиологическому разрушению (Π) в процентах вычисляют по формуле:

$$\Pi = \frac{P_T}{P_0} \cdot 100, \quad (1)$$

где P_T - разрывная нагрузка испытуемой пробной полоски, г;

P_0 - разрывная нагрузка исходной пробной полоски, г.

Таблица 2

Значения коэффициентов устойчивости наномодифицированных образцов текстильных материалов с хлопковыми волокнами к процессам биоразрушений после воздействия тест - культуры *Bacillus subtilis*

№ образца	Наименование материалов	Температура пропитки, T ⁰ C			
		25 ⁰ C		40 ⁰ C	
		60 мин	120 мин	60 мин	120 мин
		Коэффициенты устойчивости к микробиологическому разрушению, Π (%)			
Тест - культура <i>Bacillus subtilis</i>					
1.	Текстильный материал с хлопковыми волокнами, поверхностной плотности 150 г/м ²	98,07	93,75	91,04	88,51
Тест - культура <i>Escherichia coli</i> O55					
2.	Текстильный материал с хлопковыми волокнами, поверхностной плотности 150 г/м ²	96,15	90,27	88,05	83,10

На основе представленных данных в таблицах 1 и 2 установлено, что коэффициент устойчивости к микробиологическому разрушению у модифицированного текстильного материала во всех случаях составляет выше 83 %. Некоторое снижение показателя предела прочности при растяжении в отдельных текстильных материалов с хлопковыми волокнами после биоразрушения возможно связано с совокупным влиянием таких факторов как температура и длительность обработки, концентрации коллоидного раствора наночастиц серебра в композиции.

Экспериментально полученные значения предела прочности при растяжении после биоразрушений свидетельствуют, что в модифицированных образцах текстильных материалов значение прочности при растяжении остаются практически неизменными. Это свидетельствует о том, что модифицирование материалов с содержанием хлопковых волокон коллоидным раствором наночастиц серебра и их фиксация с помощью потока «холодной» плазмы пониженного давления не ухудшает прочность при растяжении нетканых материалов

и не приводит к микробиологическому разрушению и ухудшению показателей их качества, а также предоставляет возможность дальнейшего получения антибактериальных нетканых материалов для одежды медицинского назначения с равномерно распределенными наночастицами серебра в их поверхностном слое.

Заключение

В результате экспериментальных исследований образцов текстильных материалов с содержанием хлопковых волокон, впервые установлено, что наполнение медицинского материала специального назначения коллоидным раствором наночастиц серебра позволяет создать устойчивый антибактериальный эффект по отношению к известным микроорганизмам, образующимся во влажном пододежном пространстве, предотвращает процесс биоразрушений. Кроме того, установлено, что применение потока «холодной» плазмы пониженного давления для закрепления коллоидного раствора наночастиц серебра, не ухудшает физико-механические показатели материалов специального назначения, так как коэффициент устойчивости модифицированных образцов текстильных материалов выше 83%.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 11209-85 Ткани хлопчатобумажные и смешанные защитные для спецодежды. Технические условия. [Текст]. – Введ. 30.06.1986, переизд. 22.05.2013. М.: Изд-во стандартов, 1986. – 8 с.
2. ГОСТ 3816-81 Полотна текстильные. Методы определения гигроскопических и водоотталкивающих свойств [Текст]. - Введ. 01.07.1982. - М.: Изд-во стандартов. - 1982. – 6 с.
3. Припеченкова, И.С. Проектирование тканей для водозащитной одежды [Текст] / И.С. Припеченкова, О.В. Метелева, В.В.Веселов // Изв. вузов. Технология текстильной пром-сти. - 1999, № 3. - С. 86-91.
4. Бруско, Н.И. Подтверждения соответствия специальной одежды [Текст] /Н.И. Бруско, Е.Н. Дресвянина // Научные труды молодых ученых КГТУ.– Кострома. – 2007. – № 8.– ч.І. – С.76-79.
5. ГОСТ 3813-72 (ИСО 5081-77, ИСО 5082-82) Материалы текстильные. Ткани и штучные изделия. Методы определения разрывных характеристик при растяжении (с Изменениями N 1, 2, 3). [Текст]. – Введ. 01.01.1973, переутв. 01.01.1982 г., 01.09.1990 г., 01.06.1992 г. (ИУС 4-82, 12-90, 9-92). – М.: Изд-во стандартов. – 1973. – 6 с.
6. Волохина, А.В. Создание полимерных волокон нового поколения /А.В. Волохина [Текст] //Хим. волокна. – 1994. – №2. – С. 64 – 68.
7. Веселов, В.В. Химизация технологических процессов швейных предприятий: учебник [Текст] / В.В. Веселов, Г.В. Колотилова. – Иваново: ИГТА. –1999. – 424 с.
8. Бемшин, М.Н. Физическое модифицирование химических нитей [Текст] / М.Н. Бемшин. – М.: Легпромбытиздат, 1985. – 152 с.
9. Патент 6165920 США, МПК В 32В/18 Water-resistant and stain-resistant, antimicrobial treated textile fabric [Text] / Hi- Tex, Inc., Rubin C.A., Rubin R.V., Bullock K. –2000.–Р. 4.
10. Хамматова, Э.А. Разработка технологий производства модифицированных композиционных волокнистых материалов, применяемых в нефтехимическом и нефтеперерабатывающем комплексах (научная монография) [Текст] / Э.А. Хамматова, Р.Ф. Гайнутдинов, Ю.Н.Матвеев. – Казань: Изд-во КНИТУ, 2016. – 264 с.
11. ГОСТ 9.060-75 Ткани. Метод лабораторных испытаний на устойчивость к микробиологическому разрушению. [Текст]. – Введ. 01.01.75. – М.: Изд-во стандартов, 1975. –11 с.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ОДЕЖДЫ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

DESIGN OF INNOVATIVE FIBROUS MATERIALS FOR SPECIAL PURPOSE WEAR

Э.А. Хамматова
E.A. Khammatova

Казанский национальный исследовательский технологический университет
Kazan National Research Technological University.
venerabb@mail.ru

В статье приводится описание потребительского рынка волокнистых материалов для специальной одежды, который не всегда соответствует конкретному уровню комплекса предъявляемых требований, а также не в полной мере обеспечивает реализацию специфики потребностей в одежде. Представлены результаты исследований гигиенических, эксплуатационных, эргономических и художественно-эстетические требований, учитываемые при проектировании моделей специальной одежды для строителей из инновационных волокнистых материалов, которые заранее наноструктурируются в плазменном потоке высокочастотного емкостного (ВЧЕ) разряда пониженного давления, а затем проходят дальнейшие операции отделки, что позволяет повысить не только их стойкость к раздирающим нагрузкам, но и выполнить утилитарные функции.

Ключевые слова: проектирование, специальная одежда, строители, нефтехимики, ткани, инновационный материал, плазменная обработка, эксплуатационные свойства.

The article describes the consumer market of fibrous materials for special clothing, which does not always correspond to a specific level of complex requirements, as well as does not fully ensure the implementation of specific needs in clothing. The article presents the results of studies of hygienic, operational, ergonomic and artistic and aesthetic requirements, taken into account when designing models of special clothing for builders from innovative textile materials, which are pre-nanostructured in the plasma flow of high-frequency capacitive (HFC) discharge of reduced pressure, and then undergo further finishing operations, which can improve not only their resistance to tearing loads, but also perform utilitarian functions.

Keywords: design, special clothing, builders, petrochemicals, fabrics, innovative material, plasma treatment, performance properties..

В настоящее время в условиях рыночной экономики руководители многих предприятий приобретают текстильные материалы для рабочей одежды без учёта требований ГОСТ, а только ориентируясь на как можно более низкую цену. Предлагаемые в настоящее время на потребительском рынке ткани для спецодежды не всегда соответствуют конкретному уровню комплекса предъявляемых требований, не в полной мере обеспечивают реализацию специфики потребностей в современной специальной одежде для сугубо уникальных условий производственной среды [1].

Следует особо отметить, что обеспечение соответствия инновационных материалов условиям их эксплуатации является одной из актуальных задач их проектирования для любой отрасли промышленности, в том числе - и для нефтехимического и строительного комплексов.

Нефтехимические и строительные отрасли страны, представляют собой один из сложнейших комплексов народного хозяйства, являются стратегической отраслью российской экономики и в определенной мере связаны с национальной экономической безопасностью, а также с охраной окружающей среды. Поэтому для обеспечения защиты персонала данных отраслей необходимо провести: тщательный анализ условий труда, производственной среды и технологического процесса, системное исследование и выявление комплекса опасных производственных факторов, воздействующих на работающих

нефтеперерабатывающих отраслях. Только такие системные исследования позволят спроектировать оптимальные материалы для специальной одежды, способствующей предотвращению чрезвычайных происшествий и несчастных случаев на производстве, а также сохранению здоровья персонала.

Проанализировав нормативную документацию и классификацию показателей качества тканей для спецодежды, выбраны наиболее значимые обязательные показатели защитной эффективности спецодежды от общих механических воздействий и производственных загрязнений, поскольку деятельность многих людей связана с необходимостью контакта с острыми предметами (пожарные, строители, работники лесной промышленности и т.д.), разрывающими спецодежду. Для спецодежды, защищающей от механических воздействий, износоустойчивость определяется прежде всего стойкостью к раздирающей нагрузке и разрывной нагрузке [2,3].

К общим показателям проектируемой ткани для спецодежды необходимо отнести: гигиенические, эксплуатационные, эргономические и художественно-эстетические. Созданию конкурентоспособной отечественной спецодежды для строителей и нефтехимиков должен предшествовать комплекс работ по проектированию тканей для специальной одежды с использованием оптимальных технологических и материаловедческих параметров. Поскольку текстильные материалы для профессиональной специальной одежды строителей призвана, не только защищать, выполняя утилитарные функции, но и соответствовать требованиям времени, немаловажный эстетический аспект не остается без внимания и в данном виде спецодежды.

Эксплуатационные свойства волокнистых материалов для спецодежды в первую очередь зависят от свойств используемых волокон для их изготовления. Поэтому предлагается разработать инновационный волокнистый материал плазменной обработки за счет воздействия потока ВЧЕ разряда пониженного давления с использованием установки «ВАТТ 1500 Р/Р ПЛАЗМА 3». Разработанный метод обработки текстильных материалов в плазменном потоке ВЧЕ разряда, заключался в том, что суровые лабораторные образцы волокнистых материалов после операции ткачества подвергаются наноструктурированию в потоке ВЧЕ разряда пониженного давления, а затем последующим операциям отделки волокнистых материалов.

В качестве объектов экспериментальных исследований наноструктурированных волокнистых материалов применялись следующие ткани:

- «Премьер Cotton-300» (хлопок 100%), артикул 10408;
- «Премьер Комфорт-250» (хлопок 80% + полиэстер 20%), артикул 18422Х;
- «Премьер Комфорт 250А», артикул 18422 а/Х-М, состав 80% хлопка + 20% п/э + антистатическая нить.

Затем оценили свойства модифицированных образцов, влияющих на стойкость к раздирающим нагрузкам волокнистых материалов до и после воздействия потока ВЧЕ разряда пониженного давления в оптимальных режимах.

Определение стойкости тканей к раздирающим нагрузкам в волокнистых материалах для спецодежды проводилось согласно ГОСТ 3813-72 [4]. Результаты испытаний образцов волокнистых материалов, представлены на рис. 1 - 3.

Анализ рис. 1 - 3 позволил установить, что уменьшение показателя стойкости к раздирающим нагрузкам в разрабатываемых образцах волокнистых материалов в значительной степени влияет на деформационные свойства полученных ниточных соединений.

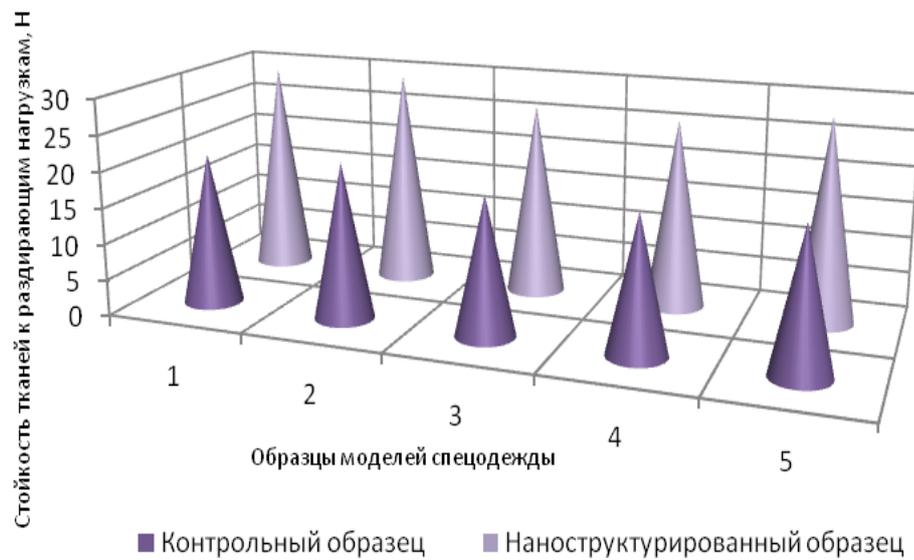


Рис. 1- Стойкость к раздирающим нагрузкам в образцах текстильного материала «Премьер Комфорт 250», артикул 18422X

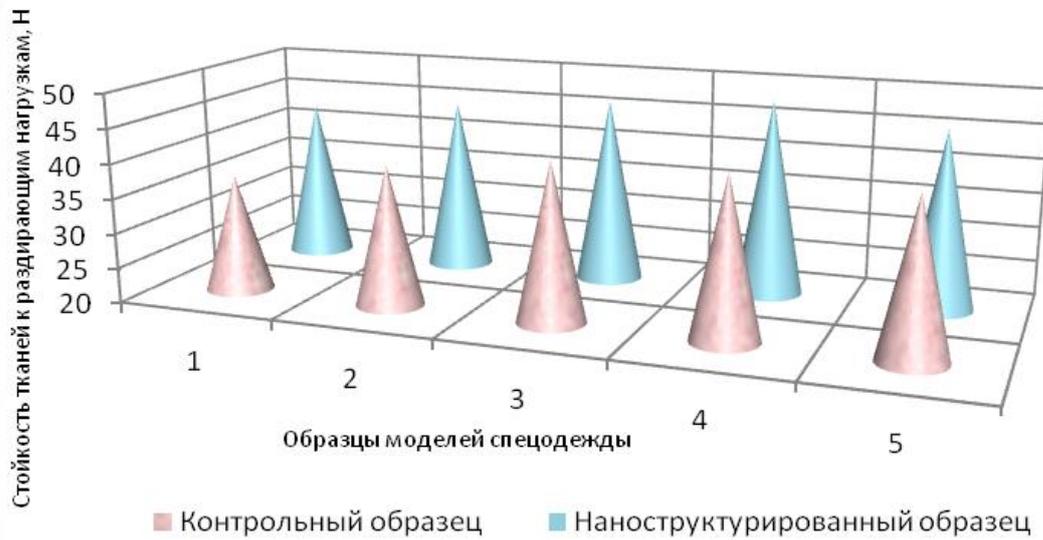


Рис. 2 - Стойкость к раздирающим нагрузкам в образцах текстильного материала «Премьер Cotton 300», артикул 10408

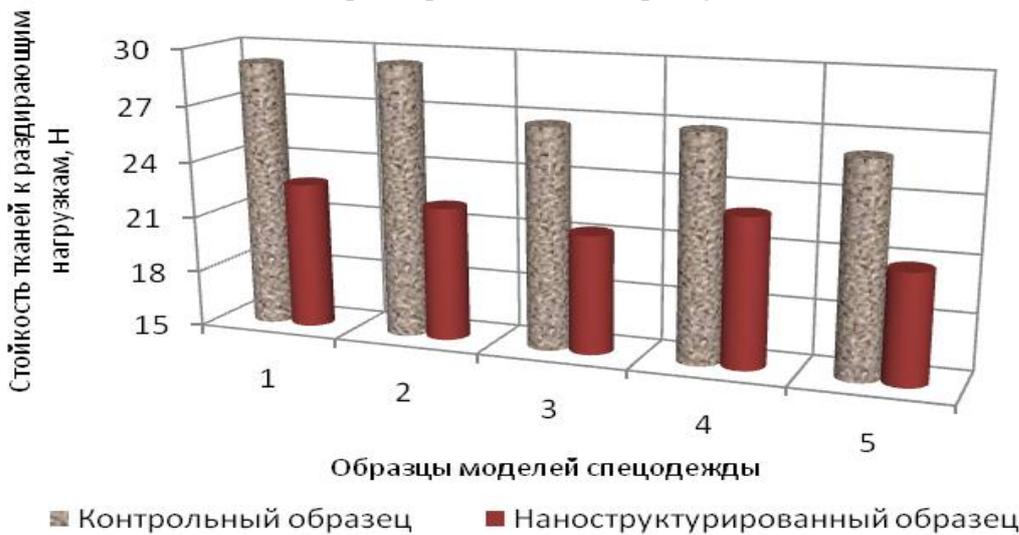


Рис. 3 - Стойкость к раздирающим нагрузкам в образцах текстильного материала «Премьер Комфорт 250А», артикул 18422 а/Х-М

Как видно из рис. 1-3, раздирающая нагрузка достигается в следующих пределах:

- в ткани «Премьер Комфорт 250» (выработанной из 80% хлопка + 20% полиэстера) в контрольном образце от 18,8 до 21,5 Н, а в композиционных модифицированных образцах волокнистых материалов от 26,2 до 29,7 Н (по ГОСТ не менее 20Н). Результаты испытаний среднего значения величины, полученные в результате прямых измерений по пяти опытными образцам, показали максимальное повышение стойкости тканей к раздирающим нагрузкам на 39,85% относительно контрольных образцов;

- для ткани «Премьер Cotton 300» (выработанной из 100% хлопка) в контрольном образце от 36,7 до 42,8 Н, а в модифицированных образцах от 43,1 до 48,2 Н (по ГОСТ не менее 20 Н). Результаты испытаний среднего значения величины, полученные в результате прямых измерений по пяти опытными образцам, показали максимальное повышение стойкости тканей к раздирающим нагрузкам на 11,7% относительно контрольных образцов;

- для ткани «Премьер Комфорт 250А» (выработанной из 80% хлопка + 20% п/э + антистатическая нить) в контрольном образце от 20,8 до 22,9 Н, а в модифицированных образцах от 26,1 до 29,4 Н (по ГОСТ не менее 20 Н). Результаты испытаний среднего значения величины, полученные в результате прямых измерений по пяти опытными образцам, показали максимальное повышение стойкости тканей к раздирающим нагрузкам на 28,57 % относительно контрольных образцов.

Таким образом, проектирование волокнистых материалов для спецодежды строителей и нефтехимического комплекса на основе применения инновационных материалов плазменной обработки позволит не только повысить их стойкость к раздирающим нагрузкам, но и выполнить утилитарные функции, тем самым соответствуя максимально требованиям времени.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ступалова Л.Г. Современное состояние рынка производства и потребления спецодежды. // Швейная промышленность. – 2012. - №3. – С. 16-18.
2. ГОСТ 12.4.251-2013 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Одежда специальная защитная, средства индивидуальной защиты ног и рук. Классификация» – М.: Стандартинформ, 2014. – 12 с.
3. ГОСТ 12.4.280-2014 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Одежда специальная для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий. Общие технические требования» – М.: Стандартинформ, 2015. – 20 с.
4. ГОСТ 3813-72 Ткани и штучные изделия. Методы определения разрывных характеристик при растяжении. – Введ. 01.01.73. – М.: Изд-во стандартов, 1972. – 20с.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ГИГРОСКОПИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТЕКСТИЛЬНОГО
МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ ВТОРИЧНЫХ ПЭТ-ВОЛОКОН**

**RESEARCH OF HYGROSCOPIC PROPERTIES OF TEXTILE MATERIAL ON THE
BASIS OF SECONDARY PET FIBERS**

А.Н. Мирзоев, А.А. Азанова

A.N. Mirzoev, A.A. Azanova

Казанский национальный исследовательский технологический университет

Kazan National Research Technological University

E-mail: kodya1@mail.ru, azanovlar@mail.ru

В статье приведены результаты испытаний трикотажного полотна на основе вторичного ПЭТ-волокна, проведено сранение полученных результатов с данными, полученными для полотен из полиэфирных, хлопковы и вискозных волокон. Выявлено, что данное полотно имеет самую низкую гигроскопичность (3,7%) из всех испытуемых образцов и может быть использовано для верхней одежды и для бельевых изделий для взрослых или подростковой группы.

Ключевые слова: вторичное ПЭТ-волокно; гигроскопичность; испытания.

The article presents the test results of a knitted fabric based on recycled PET fiber compared the results of fabrics made of polyester, cotton and viscose fibers. It was revealed that this fabric has the lowest hygroscopicity (3.7%) of all the tested samples and can be used for outerwear and for linen products for adults or adolescents.

Key words: recycled PET fiber; hygroscopicity; tests.

Во всем мире проблема переработки пластиковых отходов приобретает чрезвычайную актуальность. Приоритетной задачей научно-технического прогресса в сфере применения вторичных ресурсов является обеспечение максимально эффективной переработки текстильных отходов для дальнейшего производства полезных для общества изделий материалов. Это поможет не только избежать негативного влияния отходов на окружающую среду и на здоровье человека, но и обеспечит значительную экономию природных ресурсов, а также средств на их разработку [1].

В структуре пластиковых отходов в России одно из лидирующих мест занимает упаковка на основе полиэтилентерефталата (ПЭТ), ежегодно на свалки выбрасывается около 800 тысяч тонн ПЭТ-бутылок [2]. На сегодняшний день больше половины перерабатываемого в мире ПЭТ используется для производства текстильных волокон, в том числе для производства одежды. В работе исследованы гигроскопические свойства текстильного материала на основе вторичных ПЭТ-волокон, а именно, трикотажного полотна, с целью выработки рекомендаций по его использованию при изготовлении одежды.

Для испытаний выбраны образцы трикотажных полотен, близкие по поверхностной плотности и толщине, и но разные по волокнистому составу (табл.). Для сравнения взяты образцы не только из полиэфирных («первичных» ПЭТ), но и на основе хлопковых и вискозных волокон.

Характеристика образцов

№ п/п	Состав, %	Переплетение	Отделка	Поверхностная плотность, г/м ²	Плотность по вертикали / горизонтали на 5см	Страна
1	вторичное ПЭТ-волокно 100	Кулирная гладь	Перстровязаное	177	25/45	Китай
2	ПЭ-100	Эластик	Гладкокрашеное	105	30/40	Китай
3	ПЭ-100	Эластик	Гладкокрашеное	156	55/60	Китай
4	ХБ-100	Двуластик (интерлок)	Гладкокрашеное	217	40/45	Россия
5	Вис-100	Кулирная гладь	Отбеленное	235	80/75	Китай

Гигроскопичность образцов (Н, %) определяли по методике, приведенной в ГОСТ 3816-81 «Полотна текстильные. Методы определения гигроскопических и водоотталкивающих свойств», смачиваемость определяли экспресс-методом по времени растекания капли жидкости измерением времени полного впитывания (при потере отражательной способности). Результаты испытаний приведены на рис. 1. и 2.

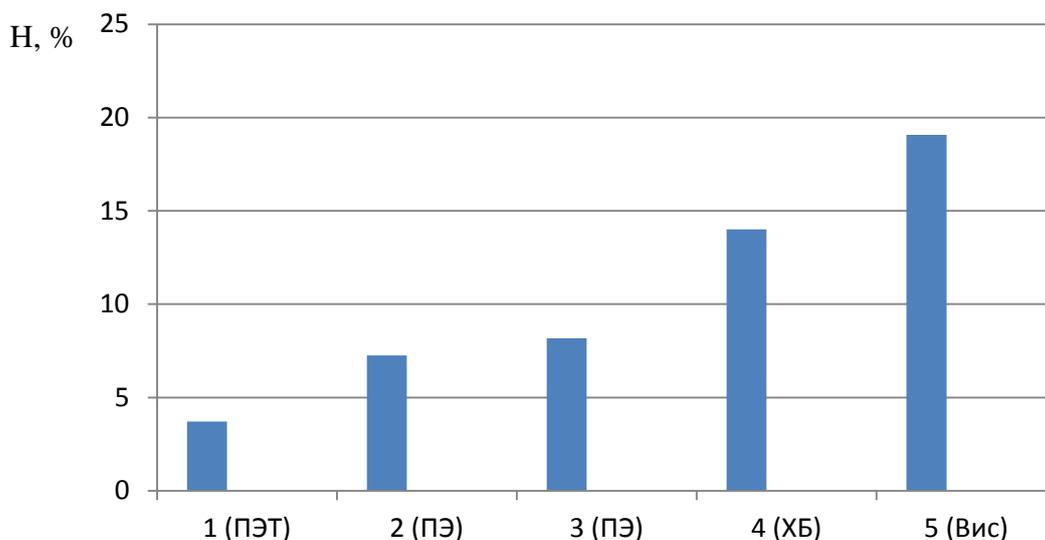


Рис.1. Гигроскопичность полотен на основе волокон различной природы

Как и следовало ожидать, наибольшее значение гигроскопичности у образца на основе вискозных (19,1 %) волокон и хлопковых (14,0 %). У образца на основе вторичных ПЭТ-волокон гигроскопичность самая низкая - 3,7%. Полученные значения смачиваемости образцов (рис.2) в основном согласуются с значениями гигроскопичности – хуже всего смачиваются образцы на основе ПЭ и вторичных ПЭТ-волокон, различия в значениях объясняются структурой и плотностью переплетения полотен.

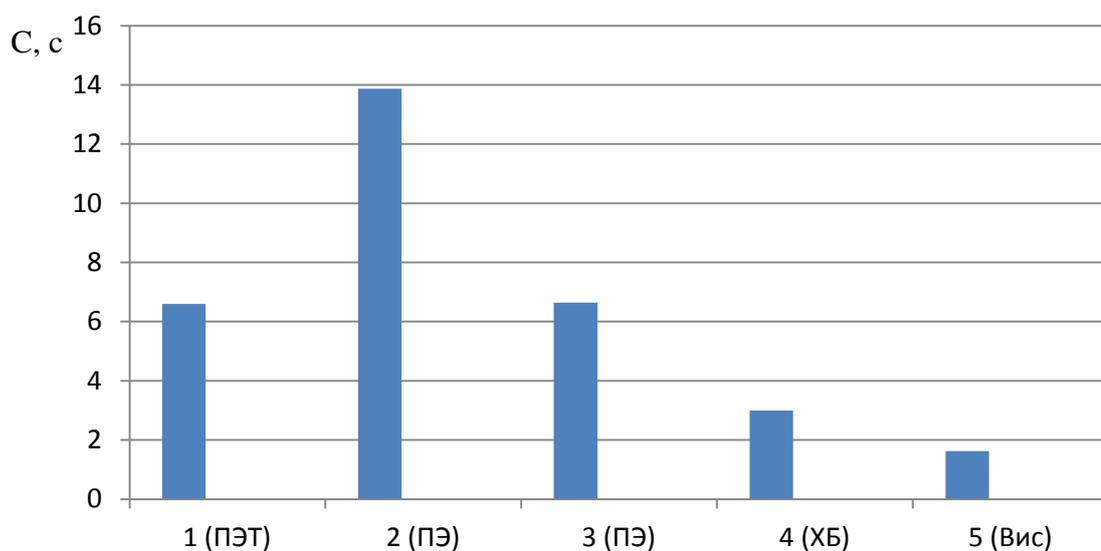


Рис. 2. Смачиваемость полотен на основе волокон различной природы

Таким образом, при определении области применения трикотажного полотна на основе вторичного ПЭТ следует учитывать его низкую гигроскопичность. Согласно ГОСТ 25296-2003 «Изделия швейные бельевые. Общие технические условия» полотно с такой гигроскопичностью может быть использовано для бельевых изделий подростковой группы от 14 до 18 лет ($H > 2\%$) или для изделий для взрослых (H не нормируется).

ЛИТЕРАТУРА

1. Направления использования вторичного ПЭТ - [\[Электронный ресурс\]](http://ecoinitiative.su/usage.pdf) - Режим доступа: [//http://ecoinitiative.su/usage.pdf](http://ecoinitiative.su/usage.pdf).
2. Когда придет конец пластиковой упаковке - [\[Электронный ресурс\]](https://lavkagazeta.com/news/kogda-pridet-konec-plastikovoy-upakovke/) - Режим доступа: [//https://lavkagazeta.com/news/kogda-pridet-konec-plastikovoy-upakovke/](https://lavkagazeta.com/news/kogda-pridet-konec-plastikovoy-upakovke/).

ТРЕБОВАНИЯ К МАТЕРИАЛАМ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ОБУВИ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

MATERIAL REQUIREMENTS FOR SPECIAL FOOTWEAR DESIGN

Х.Р. Амалыев, Р.Р. Фаткуллина
Kh.R. Amalyev, R.R. Fatkullina

Казанский национальный исследовательский технологический университет
Kazan national research technological university
e-mail: rimma_fat@mail.ru

Функционально-конструктивное проектирование обуви специального назначения целесообразно осуществить на основе анализа воздействия факторов окружающей среды. Выбрана область защиты в обуви для работников коммунальных служб - область подъема на сгибе ноги. Предлагается использование инновационного материала с антипрокольными свойствами «кевлар» в качестве межподкладки в детали защитного клапана ботинок.

Ключевые слова: свойства материалов; обувь; клапан (язычок); антипрокольные свойства; кевлар.

The impact of environmental factors defines functional and constructive decision at design of footwear. It was presented the protection area in shoes for utility workers. We proposed to use an innovative material Kevlar with anti-puncture properties as an inter-lining in the safety valve.

Keywords: material properties; footwear; valve; anti-puncture properties; kevlar.

Современная обстановка в мире и террористическая опасность, а также развитие промышленных технологий требует повышения уровня защиты от них путем применения новых материалов и конструктивно-технологических решений при проектировании средств индивидуальной защиты. При выборе материалов для обуви, испытывающих воздействие факторов окружающей среды, необходимо учитывать требования профессий к свойствам обуви [1].

Для специальной одежды различных профессий нормативные документы детально регламентируют способы защиты от опасных и вредных производственных факторов [2]. Области защиты в обуви можно предлагать в конструктивно-технологических решениях в зависимости от зоны воздействия отрицательного фактора [3]. Функционально-конструктивное проектирование обуви специального назначения целесообразно осуществить на основе анализа воздействия негативных факторов окружающей среды [4]. Сходство воздействия вызывает необходимость поиска современных материалов, обладающих необходимыми защитными свойствами физико-химического и механического характера. В определенных сферах деятельности человеку приходится длительное время находиться в условиях повышенной влажности и с риском получения механических повреждений нижних конечностей.

Для защиты от длительного воздействия воды и растворов поверхностно активных веществ используются материалы с резиновым или пленочным покрытием, а также ткани со специальными водоупорными покрытиями. Известно большое количество современных высокотехнологичных материалов, в частности, мембранные ткани, обеспечивающие не только защиту от осадков, но и одновременно паропроницаемость («дыхание») и ветроустойчивость. В зависимости от вида они могут быть прочными или очень легкими. Являясь частью внешнего слоя (под верхней основной тканью), мембранные ткани отводят испарения наружу, не пропускают воду и ветер.

Износостойкость обувных деталей из кожи, картона, текстильных материалов и обувных скреплений, особенно клеевых, резко снижается во влажном состоянии [5].

Многочисленные увлажнения и высушивания приводят к усадке и короблению обуви, что отрицательно влияет на ее комфортность и износостойкость [6]. Влагозащитные свойства обуви обуславливаются влагозащитными свойствами используемых материалов, методом крепления низа, а также конструкцией верха. Применение полимерных материалов, химических методов крепления низа, снижение проколов верха способствуют повышению влагозащитных свойств обуви.

Ударозащитные свойства характеризуют способность изделия поглощать энергию ударов, рассредоточивать передаваемые нагрузки на большую площадь и защищать стопу и организм человека от резких толчков, сотрясений, болезненных ощущений и механических повреждений. Совместно с жесткими подносками и задниками верх обуви принимает на себя боковые удары о предметы при выполнении трудовой деятельности. Ударозащитные свойства тесно связаны с амортизационными свойствами обуви.

Для специальной обуви работника коммунальных служб важны антипрокольные свойства обуви в детали клапана, защищающего на сгибе ноги область подъема, поэтому предлагается использование в клапане материала «кевлар» в качестве межподкладки (рис.1) [7].



Рис. 1. Аналог проектируемого клапана с антипрокольными свойствами

Действительно, обуви может придать противопокольные свойства инновационный материал «кевлар», который имеет высокую механическую прочность (показатель разрывной нагрузки волокна может колебаться от 280 до 550 н/м²) (рис. 2).

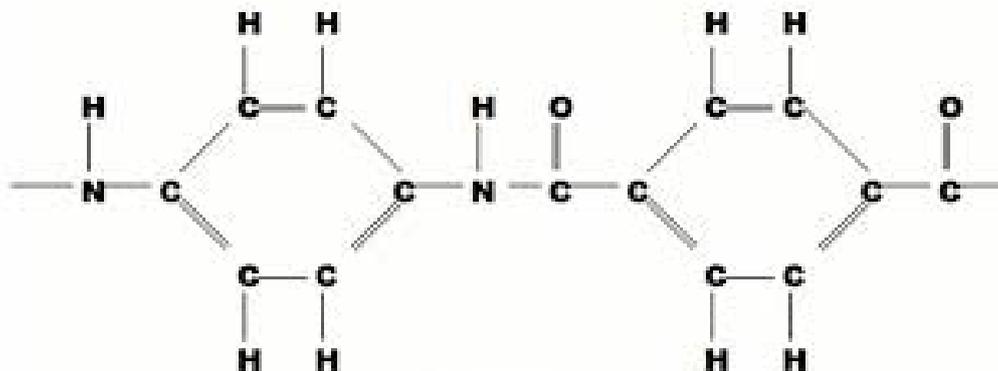


Рис. 2. Химическая структурная формула арамидного материала

Такая высокая прочность сочетается с относительно малой плотностью-1400-1500 кг/м³. Кевлар не горит и не плавится, обладает способностью к самотушению и высоким модулем упругости, начинает разлагаться при температурах 430°С, сохраняет прочность и эластичность при низких температурах, вплоть до криогенных (-196 °С), устойчив к

органическим растворителям, коррозии и порезам. К тому же, ткань из арамидных волокон отличается гибкостью, гигроскопичностью и способностью к воздухообмену.

Таким образом, предлагается использование инновационного материала «кевлар» в качестве межподкладки в детали клапана, защищающего область подъема в специальной обуви работника коммунальных служб. Инновационный материал «кевлар» может придать обуви антипрокольные свойства, т.к. этот материал имеет высокую механическую прочность.

Такая высокая прочность сочетается с относительно малой плотностью. Кевлар не горит и не плавится, обладает способностью к самотушению и высоким модулем упругости, начинает разлагаться при температурах 430°C, сохраняет прочность и эластичность при низких температурах, вплоть до криогенных, устойчив к органическим растворителям, коррозии и порезам. К тому же, ткань из арамидных волокон отличается гибкостью, гигроскопичностью и способностью к воздухообмену.

Предлагаемый для использования инновационный материал «кевлар» в качестве межподкладки в детали клапана будет надежно защищать область подъема в специальной обуви работника коммунальных служб.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ефремова, О.С. Опасные и вредные производственные факторы и средства защиты работающих от них/ О.С. Ефремова // Практическое пособие. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Альфа-пресс, 2009. 304 с.
2. ГОСТ 12.4.011-89. СТ СЭВ 1086-88. ССБТ. Средства защиты работающих. М.: Издательство стандартов, 2004. 6 с.
3. Сурженко, Е.Я. Теоретические основы и методическое обеспечение эргономического проектирования специальной одежды: Дисс. ... докт. техн. наук. СПб., 2001. 416 с.
4. Харлова О.Н. Функционально-конструктивный подход к проектированию специальной одежды / О.Н. Харлова // Научный журнал КубГАУ. 2010. №63(09). С. 1-11.
5. Справочник обувщика. [Электронный ресурс]. URL:<http://shoeslib.ru/books/item/f00/s00/z00000019/st116.shtml>
6. Осина Т.М. О формировании обобщенных свойств пакетов материалов для повышения комфортности обуви /Т.М. Осина [и др.] // Вестник Московского Государственного Университета дизайна и технологии: Сборник научных трудов/ИИЦ МГУ ДТ. М.: 2005. вып.3 (45). С. 120-126.
7. Лисов О. Кевлар перспективный материал военного назначения/ О. Лисов // Зарубежное военное обозрение, № 2, 1986. С.89-90.

СОДЕРЖАНИЕ

- 1. НОВЫЕ МЕТОДЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ СВОЙСТВ УГЛЕРОДНЫХ ТКАНЕЙ: ПОЛУЧЕНИЕ, ОПТИМИЗАЦИЯ, ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ** 5
В.А. Нелюб
- 2. РАЗРАБОТКА ИННОВАЦИОННЫХ НЕТКАНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТХОДОВ ЛЬНОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВ** 10
Ю.М. Трещалин, М.Ю. Трещалин, С.Ю. Вавилова
- 3. НОВЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ТЕКСТИЛЬНОЙ ОСНОВЕ** 17
Г.В. Малышева
- 4. ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕРМОСТОЙКИЕ ОГНЕБИОЗАЩИЩЕННЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ТКАНИ И НЕТКАНЫЕ МАТЕРИАЛЫ** 20
Э.А. Коломейцева, А.П. Морыганов
- 5. ИННОВАЦИОННЫЕ РАЗРАБОТКИ В ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РОССИИ** 28
Е.П. Лаврентьева
- 6. ПРОБЛЕМЫ СЫРЬЕВОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЁГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ (НА ПРИМЕРЕ ПОЛИЭФИРНЫХ ВОЛОКОН ДЛЯ НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ)** 36
В.В. Иванов
- 7. УСПЕШНЫЙ ОПЫТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА В СОВМЕСТНЫХ ПРОЕКТАХ ИННОВАЦИОННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ «УМНЫЙ ТЕКСТИЛЬ» И ИВАНОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА** 40
С.В. Королев, О.И. Одинцова
- 8. СОЗДАНИЕ НА ОСНОВЕ ЛЬНА-ДОЛГУНЦА СУВЕРЕННОЙ СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ НАТУРАЛЬНЫХ ЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ ВОЛОКОН РОССИЙСКОЙ ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ** 45
Ю.В. Крупнов
- 9. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРЯДЕНИЯ КОНОПЛЯНОГО ВОЛОКНА: ОБОРУДОВАНИЕ КОТТОНИЗАЦИИ ФИРМЫ LAROCHE N. D.** 48
Г.С. Ельчанинова, А.В. Силаков
- 10. ТЕХНОЛОГИЯ ЭЛЕКТРОФОРМОВАНИЯ: ИНТЕГРАЦИЯ НАУКИ И ПРАКТИКИ** 54
Е.С. Бокова, И.Ю. Филатов, И.А. Капустин, Г.М. Коваленко
- 11. ПРОБЛЕМЫ ГЕНЕРИРОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ ИСТОРИЧЕСКИХ КОСТЮМОВ С ПОМОЩЬЮ ТЕХНОЛОГИИ РЕВЕРСИВНОГО ИНЖИНИРИНГА** 59
В.Е. Кузьмичев, А.Ю. Москвин, Д.С. Адольф, Чжан Шичао

12.	ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРИ ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ВОЛОКНИСТЫХ САМОРЕГУЛИРУЮЩИХСЯ СИСТЕМ Е.В. Мезенцева	66
13.	РАЗРАБОТКА «НЕТКАНЫХ ИНКУБАТОРОВ» ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ РАССАДЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТХОДОВ ЛЬНОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВ Ю.М. Трещалин, М.Ю. Трещалин	72
14.	НОВЫЙ СПОСОБ ФОРМИРОВАНИЯ 3D ОРТОГОНАЛЬНЫХ ТКАНЕЙ, ВИРТУАЛЬНАЯ РЕАЛЬНОСТЬ И 3D ПЕЧАТЬ А.П. Гречухин, П.Н. Рудовский	79
15.	ВЫРАБОТКА ЛЬНОСМЕСОВОЙ ПРЯЖИ ДЛЯ ТКАНЕЙ БЫТОВОГО НАЗНАЧЕНИЯ В.В. Малиновский, Е.П. Лаврентьева, В.В. Дьяченко, О.В. Чиж, В.А. Семенов	83
16.	ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СТРУКТУРНОЙ МОДИФИКАЦИИ ЛЬНЯНОЙ КОСТРЫ НА ПОКАЗАТЕЛИ СОРБЦИОННОЙ ЕМКОСТИ В ОТНОШЕНИИ НЕФТЕПРОДУКТОВ С.В. Алеева, О.В. Лепилова	86
17.	СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЛЬНЯНЫХ НЕФТЕСОРБЕНТОВ С СУЩЕСТВУЮЩИМИ АНАЛОГАМИ С.В. Алеева, О.В. Лепилова	93
18.	СТРУКТУРА И ТРАНСПОРТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОЛОКНИСТЫХ МАТРИЦ НА ОСНОВЕ ПОЛИГИДРОКСИБУТИРАТА С ДИПИРИДАМОЛОМ А.А. Ольхов, Е.Л. Кучеренко, О.В. Староверова, Р.Ю. Косенко, В.С. Маркин, Ю.Н. Зернова, А.Л. Иорданский	99
19.	ДУБЛИРОВАННЫЕ ТЕКСТИЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ С ФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ СВОЙСТВАМИ Е. Г. Полушин, О. В. Козлова, О.И. Одинцова	108
20.	ПРОЕКТИРОВАНИЕ СВОЙСТВ ГРАДИЕНТНО-АРМИРОВАННЫХ ТЕРМОКЛЕЕВЫХ ПРОКЛАДОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ Н.Л. Корнилова, С.А. Кокшаров	112
21.	МЕТОД РАВНОМЕРНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАНОДИСПЕРСНОГО ДИОКСИДА КРЕМНИЯ В ПОЛИМЕРНОМ СВЯЗУЮЩЕМ КОМПОЗИТНОГО МАТЕРИАЛА С.А. Кокшаров, Н.Л. Корнилова	119
22.	ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СУХО-МОКРОГО ФОРМОВАНИЯ ПОЛИОКСАДИАЗОЛЬНОГО ВОЛОКНА НА ОПЫТНОЙ УСТАНОВКЕ Б.П. Макаров, М.В. Шаблыгин, А.Ю. Матрохин, М.П. Михайлова	126

23.	ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ УЛУЧШЕНИЯ УСЛОВИЙ ФОРМОВАНИЯ ПОЛИОКСАДИАЗОЛЬНЫХ ВОЛОКОН, ПУТЕМ ПОДБОРА ФИЛЬЕР	130
	Б.П. Макаров	
24.	НОВЫЕ ВИДЫ ПОЛИЭФИРНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ НИТЕЙ С ФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ СВОЙСТВАМИ, МОДИФИЦИРОВАННЫЕ НА СТАДИИ ФОРМОВАНИЯ ИЗ РАСПЛАВА	134
	А.М. Железовский, Е.Д. Жолудева	
25.	ЦЕЛЛЮЛОЗНЫЕ ТЕКСТИЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ МЕДИЦИНЫ, ГИГИЕНЫ, КОСМЕТОЛОГИИ	139
	А.П. Морыганов, Н.С. Дымникова	
26.	ФУНКЦИОНАЛИЗАЦИЯ СИНТЕТИЧЕСКИХ ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ С ПОМОЩЬЮ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ НАНОЗОЛЕЙ: ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ ПОКРЫТИЙ, СПЕЦИФИКА ИХ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ	146
	Н.П. Пророкова	
27.	ФУНКЦИОНАЛИЗАЦИЯ ТКАНЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЛАЗМОХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ	152
	Б.Л. Горберг, В.А.Титов	
28.	ЗЕЛЁНЫЙ ТЕКСТИЛЬ	157
	Г.Е. Кричевский	
29.	СОЗДАНИЕ НА ОСНОВЕ ЛЬНА-ДОЛГУНЦА СУВЕРЕННОЙ СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ НАТУРАЛЬНЫХ ЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ ВОЛОКОН РОССИЙСКОЙ ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ	167
	Ю.В. Крупнов	
30.	О НОВОМ ТЕКСТИЛЬНОМ РИСУНКЕ	170
	Ю.А. Щепочкина	
31.	О ПЕРСПЕКТИВАХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ-ПОЛУФАБРИКАТОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ СРЕДСТВ ХИМИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ	173
	Р.Р. Аллямов, А.А.Максимов, С.А.Родионов	
32.	ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ ОБОЛОЧКИ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ НИТЕЙ ИЗ ОКСИДА АЛЮМИНИЯ	176
	А.В. Медведев	
33.	ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ПРОЦЕССА РЕДИЗАЙНА МЕХОВОЙ ОДЕЖДЫ	181
	М.А. Гусева, В.В. Гетманцева, Е.Г. Андреева, И.А. Петросова, В.С. Белгородский	
34.	АНАЛИЗ И ПЕРСПЕКТИВЫ КЛЕЕВЫХ СПОСОБОВ ФОРМИРОВАНИЯ ПРЯЖИ	186
	П.Н. Рудовский, И.С. Белова	

35.	РАЦИОНАЛЬНЫЕ СПОСОБЫ ФОРМИРОВАНИЯ КРОМОК ТКАНЕЙ, ВЫРАБАТЫВАЕМЫХ НА РАПИРНЫХ ТКАЦКИХ СТАНКАХ	190
	М.А. Уточкин, С.Г. Керимов, И.В. Розанов, И.В. Уточкина	
36.	НОВЫЙ АССОРТИМЕНТ ТЕХНИЧЕСКИХ ТКАНЕЙ С РЕЛЬЕФНО - ВАФЕЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ	196
	С. Г. Керимов, Л. Н. Попов	
37.	НОВЫЕ ВИДЫ МНОГОСЛОЙНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ ТКАНЕЙ ДЛЯ КОНВЕЙЕРНЫХ ЛЕНТ С ЭЛАСТОМЕРНЫМ ПОКРЫТИЕМ	200
	С.Г. Керимов, Л.Н. Попов	
38.	АНАЛИТИКО-ЭМПИРИЧЕСКИЙ МЕТОД ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТКАНЫХ ИЗДЕЛИЙ ПО ЗАДАННОЙ ФАЗЕ СТРОЕНИЯ	203
	С.Г. Керимов	
39.	ПОЛУЧЕНИЕ, СТРУКТУРА И СВОЙСТВА ВОЛОКНИСТЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ С РЕГУЛИРУЕМЫМ КОМПЛЕКСОМ СВОЙСТВ	210
	О.А. Москалюк, Е.С. Цобкалло, В.Е. Юдин	
40.	ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СТРУКТУРЫ ПОЛИМЕРНОЙ КОМПОЗИЦИИ НА СВОЙСТВА ПЛЕНОЧНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СПЕЦОДЕЖДЫ	216
	О.В. Метелева, Л.И. Бондаренко	
41.	ОСОБЕННОСТИ ДИЗАЙНА И КОНСТРУИРОВАНИЯ МУЖСКИХ СОРОЧЕК БРЕНДА «ПРАВИКА»	222
	Н.М. Емельянова	
42.	СРАВНЕНИЕ ЭФФЕКТА ФОТОАКТИВНОСТИ ПОЛИЭФИРНЫХ ТКАНЕЙ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ ДИОКСИДОМ ТИТАНА, ДОПИРОВАННЫМ ЖЕЛЕЗОМ И СЕРЕБРОМ	227
	Т.Ю. Кумеева, М.Р. Кумеев, Н.П. Пророкова	
43.	ВЛИЯНИЕ МАЛЫХ КОЛИЧЕСТВ МАГНЕТИТА, ВНЕДРЕННЫХ В ПОЛИТЕТРАФТОРЭТИЛЕНОВОЕ ПОКРЫТИЕ, НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЛИПРОПИЛЕНОВЫХ НИТЕЙ	231
	С.Ю. Вавилова, Н.П. Пророкова	
44.	РАЗРАБОТКА ОГНЕ- И ТЕРМОСТОЙКОЙ ТКАНИ С ЭФФЕКТОМ ЭКРАНИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ	236
	П.Е. Сафонов, Н.М. Левакова, Е.М. Горынина	
45.	ПРОЧНОСТЬ ХЛОПЧАТОБУМАЖНОЙ ПРЯЖИ ПРИ ЕЕ ДВИЖЕНИИ	242
	К.С. Султанов, С.И. Исмоилова, Ш.Э. Туланов	
46.	МУЛЬТИАКСИАЛЬНЫЕ ТКАНИ КАК ОСНОВА ДЛЯ КОМПОЗИТА	248
	Т.Ю. Карева, Г.И. Голубеева	

47. АНАЛИЗ МЕТОДИК ПОСТРОЕНИЯ ВАФЕЛЬНЫХ ПЕРЕПЛЕТЕНИЙ Г.И. Толубеева, Т.Ю. Карева	253
48. ОБЩИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ВОЗДЕЙСТВИЯ ТЛЕЮЩЕГО РАЗРЯДА НА ВОЛОКНИСТЫЕ МАТЕРИАЛЫ М.В. Таничев, М.В. Акулова	259
49. РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ НИТОЧНОГО СОЕДИНЕНИЯ ДЛЯ МАТЕРИАЛОВ С МЕТАЛЛОНАПЫЛЕНИЕМ И.Ю. Белова, О.В. Метелёва, Ю.А. Шаммут	264
50. ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ МЕТАЛЛОТКАЦКОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ОСНОВЕ МЕТОДОЛОГИИ IDEF0 А.А. Тувин, М.Е. Сучкова	270
51. ГОСКОНТРАКТЫ И РЕОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА ТОВАРОВ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ Ю.А. Малюков	276
52. ТЕХНОЛОГИИ BIG DATA В УПРАВЛЕНИИ ПРОЦЕССОМ ПАРТИОННОГО СНОВАНИЯ Н.А. Кулида, Е.С. Волков	282
53. АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИВОДА ВАЛКОВЫХ МАШИН Ю.Г. Фомин, Э.Э. Гасанова, А.А. Тувин, И.Ю. Шахова	285
54. РАЗВИТИЕ МЕТОДОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ОЦЕНИВАНИЯ КАЧЕСТВА ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ Б.Н. Гусев ¹ , Н.А. Грузинцева ¹ , М.А. Лысова ²	290
55. АНАЛИЗ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПРЯЖИ ИЗ СМЕСИ ХЛОПКА И ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩИХ ВОЛОКОН Д.Б. Рыклин, В.В. Давидюк	296
56. НАНОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПРИДАНИЯ ТЕКСТИЛЬНЫМ МАТЕРИАЛАМ БИКТЕРИЦИДНЫХ СВОЙСТВ В.В. Хамматова, Р.Ф. Гайнутдинов	300
57. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ОДЕЖДЫ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ Э.А. Хамматова	304
58. ИССЛЕДОВАНИЕ ГИГРОСКОПИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТЕКСТИЛЬНОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ ВТОРИЧНЫХ ПЭТ-ВОЛОКОН А.Н. Мирзоев, А.А. Азанова	308
59. РЕБОВАНИЯ К МАТЕРИАЛАМ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ОБУВИ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ Х.Р. Амалыев, Р.Р. Фаткулина	311

ДЛЯ ЗАМЕТОК

Научное издание

**ФИЗИКА ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ:
СТРУКТУРА, СВОЙСТВА, НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ И
МАТЕРИАЛЫ**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ
XXII Международного научно-практического форума
«SMARTEX-2019»**

Ответственный за выпуск
Компьютерная верстка
Дизайн обложки

А.П. Новикова
Н.А. Онипченко
А.П. Новикова

Статьи публикуются в авторской редакции

Подписано в печать 19.09.2019. Формат 1/8 60x84.
Усл. печ. л. 17,7. Уч. - изд. л. 16,8 Тираж 70 экз.
Заказ № 455

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет»
153000, г. Иваново, Шереметевский пр. 21
Адрес в Интернете: www.ivgpi.com

Отпечатано в АО «Информатика»
153032, г. Иваново, ул. Ташкентская, 90