

**Министерство образования и науки Российской Федерации**

---

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Московский государственный университет дизайна и технологии»**

**Международная научно-техническая конференция**

**«ДИЗАЙН, ТЕХНОЛОГИИ И ИННОВАЦИИ В ТЕКСТИЛЬНОЙ  
И ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ»  
(ИННОВАЦИИ –2015)**

**(17-18 ноября 2015 г.)**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ**

*Часть 2*

**Москва – 2015**

УДК 677.02.001.5

Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ-2015): сборник материалов Международной научно-технической конференции. Часть 2. – М.: ФГБОУ ВПО «МГУДТ», 2015. – 328 с.

В сборник включены содержания докладов профессорско-преподавательского, научного состава и аспирантов российских и зарубежных вузов и научно-исследовательских институтов, представленных на конференции и отражающих основные направления развития в области текстильной и легкой промышленности.

**Редакционная коллегия:**

**Председатель:**

Белгородский В.С., профессор, ректор

**Ответственный секретарь:**

Николаева Н.А., доцент, ведущий инженер отдела научно-исследовательских работ

**Члены редколлегии:** Балыхин М.Г., доцент, проректор по науке и инновациям; Бесчастнов Н.П., профессор, декан института искусств; Кобраков К.И., профессор, зав.кафедрой; Костылева В.В., профессор, зав.кафедрой; Прокопенко А.К., профессор, зав.кафедрой; Радько С.Г., профессор, зав.кафедрой; Разумеев К.Э., профессор, декан текстильного института им. А.Н. Косыгина; Румянцев Ю.Д., профессор, зав.кафедрой; Седяров О.И., доцент, зав.кафедрой; Шустов Ю.С., профессор, зав.кафедрой

ISBN 978-5-87055-272-9 © Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный университет дизайна и технологии», 2015  
ISBN 978-5-87055-274-3

© Обложка. Дизайн. Целикова Г.А. 2015

## СОДЕРЖАНИЕ

Секция 3	Материаловедение, качество и сертификация продукции текстильной и легкой промышленности .....	4
Секция 4.	Современные экологически чистые технологии модифицирования и отделки материалов и изделий текстильной и легкой промышленности .....	141
Секция 5.	Автоматизация и информационные технологии в управлении и производственных процессах текстильной и легкой промышленности.....	229
	Авторский указатель.....	323

АНАЛИЗ СВОЙСТВ НИТОК, ПРИМЕНЯЕМЫХ  
ДЛЯ СТАЧИВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ ОБОЛОЧЕК ПЛОТНОГО  
ПРИЛЕГАНИЯ

*Аксенова И.А., Чаленко Е.А., Сафонова Н.С., Курсанова Е.А.,  
Вершинина А.В., Санжиева Г.В.*

Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

В последнее время при стачивании деталей нижнего белья стали часто применять плоские швы, но в зависимости от вида применяемых для стачивания деталей и строения строчки ниток такие швы могут натирать, врезаться в кожу и приносить потребителю дискомфорт. Это происходит из-за повышенной толщины швов, повышенного давления шва на тело и пр. Так как на изнаночной стороне шва игольные нитки образуют петли, через которые проходят нитки петлителя, и в зависимости от того, какая нитка заправлена в иглу, высота этой петли с изнаночной стороны шва может быть различной. Введем понятие *шероховатость строчки* – это высота подъема петли строчки, выступающая над поверхностью материала. Замеряется она под микроскопом, как показано на рис. 1.

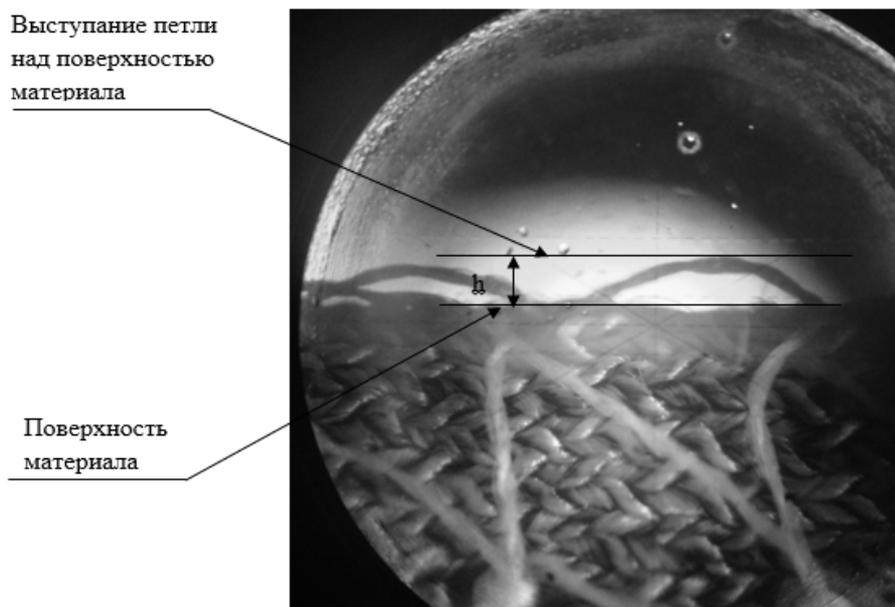


Рис. 1. Способ замера высоты петли:  
 $h$  – высота петли над поверхностью материала

Для проведения исследования взяты 9 наименований ниток:

Belfil-S 120	Serafil 120/2	SabaTEX 120
Saba <sup>C</sup> 120	Serafil 200/2	SabaTEX 250
Saba <sup>C</sup> 150	Saba <i>FLEX</i> 120	Saba <i>SOFT</i> 120

Из выбранных наименований ниток составлена матрица (табл.1) их возможных сочетаний для игл и петлителей, но так как вариантов может быть очень много, то из всего возможного множества выбраны 30 наиболее вероятных и подходящих сочетаний.

Таблица 1

Матрица сочетаний ниток в иглах и петлителях при выполнении строчки

№ варианта	Иглы	Петлители	№ варианта	Иглы	Петлители
1	1	4	16	3	7
2	1	5	17	3	8
3	1	6	18	3	9
4	1	7	19	4	4
5	1	8	20	4	5
6	1	9	21	4	6
7	2	4	22	5	5
8	2	5	23	5	6
9	2	6	24	6	5
10	2	7	25	7	7
11	2	8	26	7	8
12	2	9	27	7	9
13	3	4	28	8	8
14	3	5	29	8	9
15	3	6	30	8	9

Исследование различных сочетаний ниток проводилось по таким характеристикам шва, как: стягиваемость образцов строчкой, скручиваемость образцов, жесткость образцов швов с лицевой и изнаночной сторон, удлинение и разрыв образцов с фиксацией первых четырех разрывов.

Строчка, проложенная по детали сверху вниз, и строчка, проложенная по детали снизу вверх, имеют различные свойства, так как в структуре трикотажа петля имеет сложную пространственную конфигурацию. Для того чтобы определиться с направлением прокладывания строчки, проведены испытания на стягиваемость, скручиваемость, шероховатость шва и разрыв для одного из вариантов сочетания ниток с направлением прокладывания шва по образцу в разных направлениях.

При выполнении образцов замерено натяжение нитей в иглах и петлителях:

- на левой игле: 160 г;
- на средней игле: 130 г;
- на правой игле: 150 г;

- на петлителе верхнего застила: 75 г;
- на нижнем петлителе: 30 г.

Результаты испытания показали, что разница в свойствах швов, выполненных в разных направлениях на трикотажном полотне, достаточно существенна (табл.2). Швы в изделии предпочтительнее прокладывать в одном направлении, чтобы их свойства не так сильно отличались друг от друга.

Таблица 2

Сводная таблица результатов испытания для швов, выполненных в различных направлениях

Наименование значения	Направление строчки			
	Сверху вниз		Снизу вверх	
<b>Стягивание образца строчкой, мм</b>				
Среднее значение	220,0		218,8	
Величина стягивания, мм				
% стягивания	4,35		4,87	
<b>Скручиваемость</b>				
Скручиваемость образца материала, витков	2,0		2,1	
<b>Жесткость</b>				
Жесткость с лицевой стороны, см <sup>3</sup>	0,97		0,91	
Жесткость материала с изнаночной стороны, см <sup>3</sup>	1,47		1,55	
<b>Удлинение и разрыв</b>				
	Нагр,Н	Удл., мм	Нагр,Н	Удл., мм
<b>1 разрыв</b>	42,1	54,1	45,2	56,6
<b>2 разрыв</b>	46,3	60,7	48,5	61,7
<b>3 разрыв</b>	50,5	66,9	51,3	67,3
<b>4 разрыв</b>	53,2	72,3	54,7	73,1
<b>Полный разрыв</b>	128,2	160,7	116,9	154,3
<b>% удлинения</b>	69,9		67,1	

Для дальнейших испытаний выбрано направление шва сверху вниз, так как этот вариант дает меньшее стягивание, меньшую скручиваемость и меньшую жесткость с изнаночной стороны.

В результате исследования наиболее высокие результаты в совокупности всех характеристик были получены у двух вариантов сочетаний ниток (22 и 29). У них не самые лучшие показания отдельно по каждому виду исследования, но при сопоставлении результатов по всем исследованиям они имеют больше плюсов, чем минусов. Данные варианты сочетаний целесообразно применять на производстве.

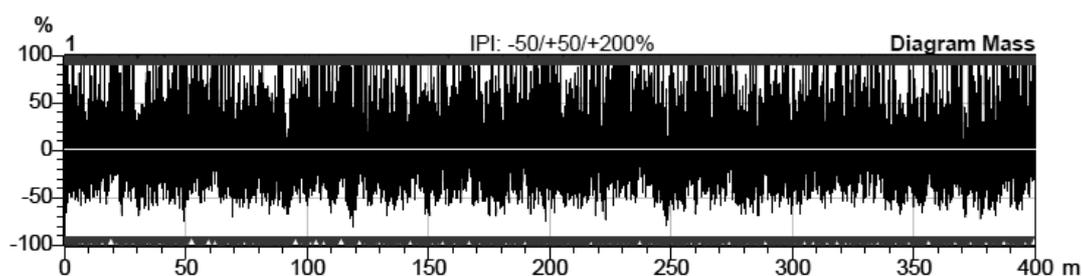
# ИССЛЕДОВАНИЕ НЕРОВНОТЫ ЛЬНЯНОЙ ПРЯЖИ МОКРОГО СПОСОБА ПРЯДЕНИЯ

*Исаченко В.В., Дягилев А.С., Коган А.Г.*

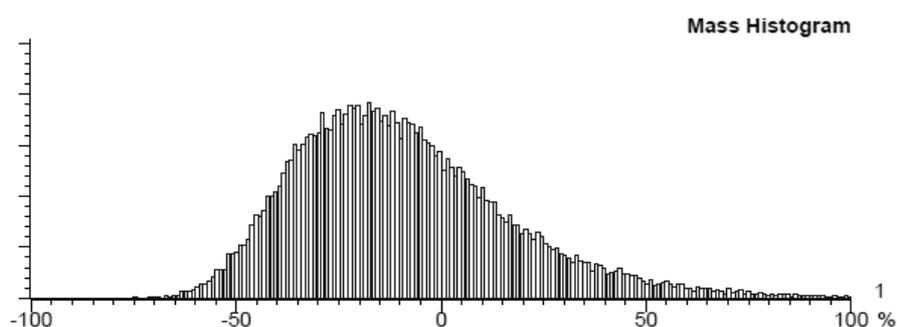
Витебский государственный технологический университет», Республика Беларусь

РУПТП «Оршанский льнокомбинат» является единственным в Республике Беларусь и самым крупным в странах СНГ и Европы предприятием по производству льняных тканей и пряжи различной линейной плотности. Вторая и третья прядильные фабрики льнокомбината вырабатывают льняную пряжу средних линейных плотностей из длинного трепаного льноволокна по мокрой системе прядения. Пряжа, вырабатываемая из льноволокна, отличается повышенной неравномерностью по сравнению с пряжей из других текстильных волокон. В связи с этим является актуальной задача выявления причин возникновения неравнотности для их последующего устранения или минимизации их влияния.

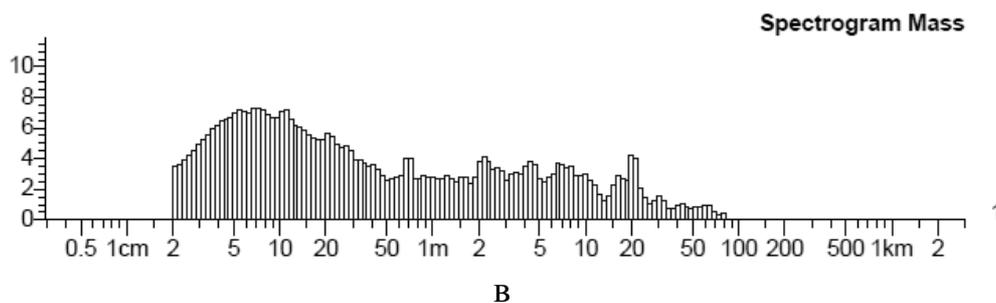
Специалистами УО «ВГТУ» и РУПТП «Оршанский льнокомбинат» было разработано программное обеспечение для расчёта возможных периодов гармонических колебаний линейной плотности льняной пряжи, обусловленных воздействием рабочих органов технологического оборудования второй и третьей прядильной фабрик. В лабораторных условиях кафедры «Технологии текстильных материалов» УО «ВГТУ» с использованием автоматизированной системы контроля неравнотности по линейной плотности пряжи и нитей Uster Tester 5 - S400 было проведено комплексное исследование образцов вырабатываемой пряжи. Результаты исследования приведены на рис. 1.



а



б



**Рис. 1. Результаты исследования неровноты льняной пряжи линейной плотностью 38 текс с использованием Uster Tester 5 - S400**

С использованием разработанного программного обеспечения, для плана прядения льняной пряжи линейной плотностью 38 текс, были проведены расчеты возможных гармонических колебаний, создаваемых рабочими органами машин, задействованных в технологической цепочке.

В результате проведенного исследования установлено, что снижение неровноты вырабатываемой пряжи может быть достигнуто с помощью оптимизации работы оборудования, задействованного на ровничном переходе.

Разработанное программное обеспечение может быть использовано для исследования и оптимизации процессов производства льняной пряжи средних линейных плотностей по мокрой системе прядения, с целью снижения неровноты.

## **ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРОПРОВОДНЫХ СВОЙСТВ МЕТАЛЛОТРИКОТАЖА ПЕРЕПЛЕТЕНИЯ ОДНОГРЕБЕНОЧНОЕ ТРИКО**

*Кудрявин Л.А., Беляев О.Ф., Заваруев В.А.*

**Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия**

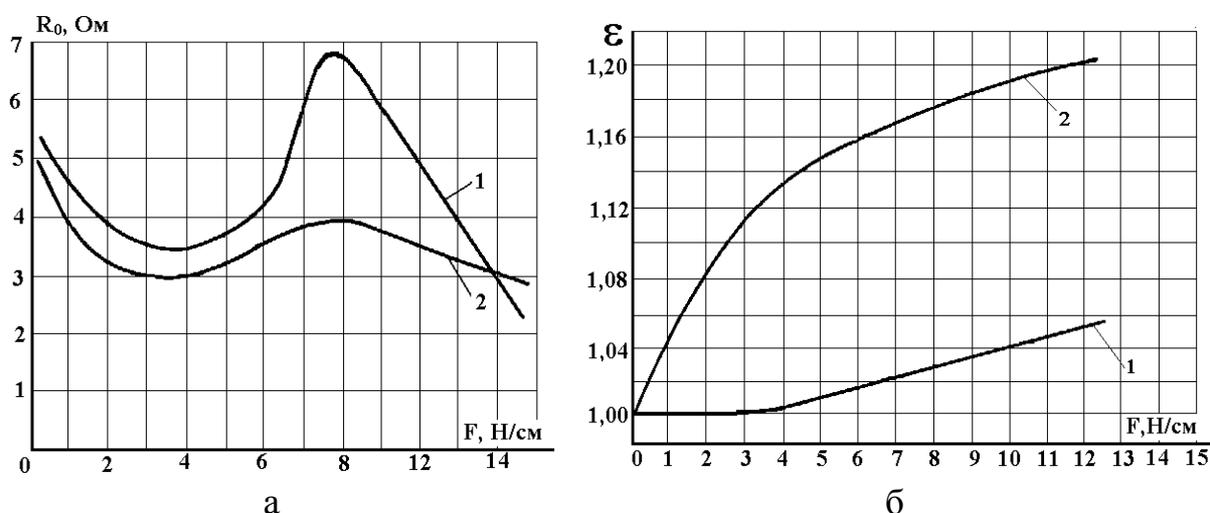
Металлотрикотаж в настоящее время широко используется в качестве отражающей поверхности трансформируемых антенн космической и наземной систем связи. Одно из основных требований к используемому трикотажу – его малое электрическое сопротивление. При раскрытии антенны трикотаж подвергается двумерной деформации. Поэтому нами проводились исследования зависимости электрического сопротивления трикотаж от нагрузки. Двухосное нагружение образцов проводилось на установке, позволяющей менять величину механической нагрузки в двух взаимно-перпендикулярных направлениях. Петельные ряды устанавливались вдоль одного из этих направлений, петельные столбики – вдоль другого. Размеры образцов составляли 120x120 мм. Измерение электрического сопротивления проводилось на участке образца 50x50 мм. Кроме того, изучалось поведение петель сетеполотна с помощью стереомикроскопа, а также иссле-

довалось относительное удлинение образцов в двух вышеуказанных направлениях.

Как показали наши исследования, электрическое сопротивление металлотрикотажа в большинстве случаев уменьшается с увеличением механической нагрузки. Однако, при исследовании электропроводных свойств основовязаного трикотажа переплетения одностороннего трико, изготовленного из стальной микропроволоки диаметром 40 мкм, мы столкнулись с необычной зависимостью ее электропроводности от нагрузки.

Полученные экспериментальные зависимости характеристического электрического сопротивления  $R_0$  в двух взаимно-перпендикулярных направлениях при одинаковых величинах механической нагрузки в этих направлениях представлены на рис.1а, а относительные удлинения образцов – на рис.1б.

Из рис.1а видно, что электрическое сопротивление данного металлотрикотажа не уменьшается непрерывно с увеличением нагрузки, как это происходит в большинстве случаев, а имеет более сложный характер. На полученной зависимости можно выделить три характерных участка. На первом участке сопротивление  $R_0$  с увеличением нагрузки уменьшается, на втором растет, на третьем опять уменьшается.

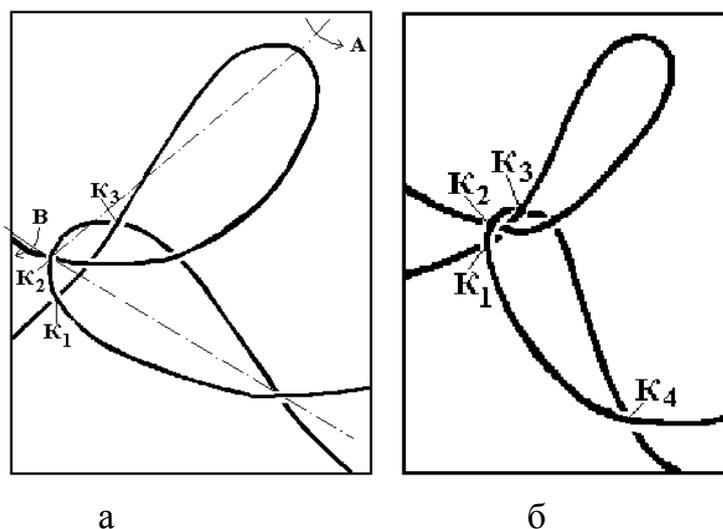


**Рис. 1. Зависимости электрического сопротивления  $R_0$  трикотажа переплетения трико (а) и относительного удлинения  $\epsilon$  (б) от удельной нагрузки  $F$  (1 – в направлении рядов, 2 – в направлении столбиков)**

Необычно себя ведет и относительное удлинение  $\epsilon$  образцов с изменением нагрузки. На первом участке относительное удлинение вдоль рядов практически не меняется, а вдоль столбиков довольно быстро растет. На втором и третьем участках рост относительного удлинения вдоль столбиков замедляется и появляется относительное удлинение вдоль рядов, растущее с увеличением нагрузки.

На втором и третьем участках темпы роста относительного удлинения с увеличением нагрузки вдоль столбиков и вдоль рядов практически одинаковы. Максимальное относительное удлинение вдоль рядов составляет 4%, вдоль столбиков – 20%. Такая сравнительно небольшая величина удлинения не может объяснить возрастание сопротивления вдоль рядов на втором участке примерно в 2 раза. Отличие зависимостей сопротивлений от нагрузки для данного металлотрикотажа от обычного поведения других видов металлотрикотажа можно объяснить следующим образом. Общее сопротивление трикотажа зависит как от сопротивления микроволокон, так и от контактного сопротивления между ними. Обычно в металлотрикотаже при увеличении механической нагрузки усилия в контактах между элементами структуры возрастают, контактное сопротивление уменьшается, уменьшается и общее сопротивление образца.

В данном трикотаже происходят более сложные явления. Рассмотрим подробнее взаимодействие петель трико при нагружении. На рис.2 представлена схема петель основовязаного металлического трикотажа переплетения трико.



**Рис. 2. Схематическое изображение структуры основовязаного трикотажа переплетения трико (а - при малой нагрузке; б - при большой нагрузке)**

При взаимодействии нитей микроволокон петель можно выделить контакты  $K_1$ ,  $K_2$ ,  $K_3$ . Экспериментальные исследования на стереомикроскопе показали, что при возрастании нагрузки на образец происходит разворот петель в направлении стрелок А и В вокруг контакта  $K_2$ , в результате чего происходит ослабление контакта  $K_1$ , усиление контакта  $K_3$  и перегруппировка контактов, приводящая к их пространственному сближению. Усилие в контакте  $K_2$  при этом непрерывно возрастает.

На первом участке кривых, представленных на рис.1, разворота петель не наблюдается, структура ведет себя обычно и ее сопротивление с увеличением нагрузки падает. На следующем участке происходит разворот

петель, контакт  $K_3$  ослабляется вплоть до исчезновения (разрыва), влияние увеличения сопротивления этого контакта на общее сопротивление оказывается больше, чем влияние уменьшения сопротивления контакта  $K_1$  и общее сопротивление растет. На последнем участке продолжающийся разворот петель приводит к появлению контакта  $K_4$  и его усилению на фоне продолжающегося усиления контакта  $K_1$  и, как результат, общее сопротивление уменьшается.

Отметим, что такая зависимость имеет место при большом вкладе контактных сопротивлений в общее сопротивление. При уменьшении вклада контактов в общее сопротивление (например, при покрытии стальной проволоки никелем) максимумы и минимумы на указанной зависимости практически исчезают.

Таким образом, для основывающегося трикотажа изменение сопротивления в зависимости от нагрузки имеет сложный характер. Это необходимо учитывать при решении практических задач эксплуатации металлических сетеполотен основывающихся переплетений, а также при проектировании более сложных структур основывающегося трикотажа, например, применять встречные кладки для уменьшения явления разворота петель, где вращающиеся моменты взаимно уравниваются.

## **ОТРАЖЕНИЕ ИЗЛУЧЕНИЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ НАНОНИТЬЮ**

*Авербух Б.Б.*

Тихоокеанский государственный университет, г. Хабаровск, Россия

Теория оптических явлений, основанная на уравнениях Максвелла, не объясняет, как и почему возникают отраженная и преломленная волны. Ответ на эти вопросы может дать только анализ, основанный на молекулярных представлениях о строении вещества. С точки зрения молекулярной оптики, среда рассматривается как вакуум, в котором находятся молекулы вещества, которые в дипольном приближении моделируются диполями. Под действием внешнего поля эти диполи становятся источниками вторичных когерентных электромагнитных волн. Интерференция этих волн и определяет структуру электромагнитного поля в среде. Вторичные волны, распространяющиеся назад (по отношению к падающей волне), интерферируя, дают отраженную волну. Вторичные волны, распространяющиеся вперед, интерферируя между собой и с падающей волной, дают преломленную волну.

В настоящей работе рассматривается распространение плоской монохроматической  $S$ -поляризованной волны в нанонити и отражение от нее с точки зрения молекулярной оптики. Нанонить представляется как цилиндр (с радиусом основания  $R$  и высотой  $h$ ), состоящий из плоскопараллельных монослоев электрических диполей, характеризующихся поляри-

зуюмостью  $A_d = A_d' - iA_d''$ . Поля диполей учитываются полностью. Все дипольные монослои лежат в плоскостях  $xy$ , пересекающих ось  $z$  в точках  $z_1, z_2, z_3, \dots$ . Расстояния между всеми монослоями по оси  $z$  одинаковы и равны  $a$ , причем  $a \ll \lambda$ , где  $\lambda$  - длина волны излучения. Диполи одного монослоя расположены неупорядоченно (с плотностью  $N_d$ ) и не взаимодействуют между собой. Предполагается, что размеры диполей много меньше расстояний между диполями, а также величин  $a$  и  $\lambda$ , где  $\lambda$  - длина волны излучения.

Распространяющееся вперед внешнее поле рассеивается монослоями диполей вперед и назад. Модель слоистой среды, рассматриваемая в данной работе, содержит много монослоев. Рассеяние излучения дипольными монослоями и вперед, и назад приводит к тому, что каждый дипольный монослой находится в поле излучения всех других монослоев.

В установившемся режиме полное поле в точке нахождения диполя  $n$ -го монослоя внутри среды складывается из полей, распространяющихся вперед, и полей, отраженных последующими  $(n+1, n+2, \dots)$  монослоями. В работе получены выражения для отраженного средой поля, поля внутри среды, а также для показателя преломления среды.

Пусть на первый монослой падает под углом  $\alpha$  поляризованное вдоль оси  $x$  монохроматическое поле

$$\begin{aligned} \mathbf{E}_0 &= \mathbf{e}_0 E_0 \exp(i\omega t - i\mathbf{k}_0 \mathbf{r}), \\ \mathbf{B}_0 &= (\cos \alpha \mathbf{e}_y - \sin \alpha \mathbf{e}_z) E_0 \exp(i\omega t - i\mathbf{k}_0 \mathbf{r}) \end{aligned}$$

с частотой  $\omega$ , волновым вектором  $\mathbf{k}_0$  и вектором поляризации  $\mathbf{e}_0$ . Вектор  $\mathbf{k}_0$  лежит в плоскости  $yz$  и имеет две ненулевые составляющие, т.е.  $\mathbf{k}_0 = (0, k_{0y}, k_{0z})$ . Индуцированные этим полем дипольные моменты первого монослоя излучают. Поля  $\mathbf{E}_{10d}$  и  $\mathbf{B}_{10d}$ , рассеянные диполями первого монослоя в точке  $(x_2, y_2, z_2)$  нахождения диполя второго монослоя равны [1]

$$\begin{aligned} \mathbf{E}_{10d}(x_2, y_2, z_2 > z_1) &= -iP_d q E_0 \mathbf{e}_0 \exp(i\omega t - ik_{0y}y_2 - ik_{0z}z_2), \\ \mathbf{B}_{10d}(x_2, y_2, z_2 > z_1) &= -iP_d q E_0 (\cos \alpha \mathbf{e}_y - \sin \alpha \mathbf{e}_z) \exp(i\omega t - ik_{0y}y_2 - ik_{0z}z_2), \end{aligned}$$

где  $P_d = 2\pi N_d A_d k^2 / k_{0z}$ , а  $\mathbf{e}_y$  и  $\mathbf{e}_z$  - единичные векторы вдоль осей  $y$  и  $z$ . Величина  $q$  определяется выражением  $q = 1 - \exp[-ik_{0z}(b-a)]$ , а  $b^2 \approx a^2 + 4R^2$ .

На второй монослой диполей падают внешнее поле и поле, рассеянное первым монослоем, т.е.  $\mathbf{E}_0 + \mathbf{E}_{10d}$  и  $\mathbf{B}_0 + \mathbf{B}_{10d}$  или

$$\begin{aligned} \mathbf{E}(x_2, y_2, z_2 > z_1) &= (1 - iP_d q) E_0 \mathbf{e}_0 \exp(i\omega t - ik_{0y}y_2 - ik_{0z}z_2), \\ \mathbf{B}(x_2, y_2, z_2 > z_1) &= (1 - iP_d q) E_0 (\cos \alpha \mathbf{e}_y - \sin \alpha \mathbf{e}_z) \exp(i\omega t - ik_{0y}y_2 - ik_{0z}z_2) \end{aligned}$$

Поле  $\mathbf{E}_{20d}$ , рассеянное вперед вторым монослоем,

$$\mathbf{E}_{20d}(x_3, y_3, z_3 > z_2) = -iP_d q (1 - iP_d q) E_0 \mathbf{e}_0 \exp(i\omega t - ik_{0y}y_3 - ik_{0z}z_3).$$

Поле в точке нахождения диполя третьего монослоя складывается уже из трех полей и равно

$$E_0(x_3, y_3, z_3) + E_{10d}(x_3, y_3, z_3) + E_{20d}(x_3, y_3, z_3) = (1 - iP_d q)^2 E_0 \mathbf{e}_0 \exp(i\omega t - ik_{0y} y_3 - ik_{0z} z_3).$$

Распространяющееся вперед поле в точке нахождения диполя  $n$ -го монослоя равно

$$E(x_n, y_n, z_n) = ((1 - iP_d q)^{n-1} E_0 \mathbf{e}_0 \exp(i\omega t - ik_{0y} y_3 - ik_{0z} z_3)).$$

При  $k_{0z}(b-a) \ll 1$  и  $|P_d| \ll 1$  получаем, что  $q \approx ik_{0z}(b-a)$  и  $(1 - iP_d q)^{n-1} \approx \exp[-iP_d q(n-1)]$ . Поэтому

$-iP_d q \approx P_d' k_{0z}(b-a) = (P_d' - iP_d'') k_{0z}(b-a) = P_d' k_{0z}(b-a) - iP_d'' k_{0z}(b-a)$ . В этом случае в точке нахождения диполя  $n$ -го монослоя распространяющееся вперед поле равно

$$E(x_n, y_n, z_n) = E_0 \mathbf{e}_0 \exp[i\omega t - ik_{0y} y_n - ik_{0z} z_n + P_d' k_{0z}(b-a)(n-1) - iP_d'' k_{0z}(b-a)(n-1)].$$

Видно, что вещественная часть  $P_d'$  определяет усиление (т.к. при малых  $R$  и  $a$  разность фаз полей излучения различных диполей очень мала), а мнимая – преломление. Учитывая, что  $z_n = z_1 + a(n-1)$ , поле  $E(x_n, y_n, z_n)$  можно представить в виде

$$E(x_n, y_n, z_n) = E_0 \mathbf{e}_0 \exp[i\omega t - ik_{0y} y_n - ik_{0z} z_1 + P_d' k_{0z}(b-a)(n-1) - ik_{2z} a(n-1)],$$

где  $k_{2z} = k_{0z}[1 + P_d''(b-a)]$ . Можно сказать, что в среде распространяется поле с волновым вектором  $\mathbf{k}_2 = (0, k_{0y}, k_{2z})$ . Представляя величину волнового вектора  $\mathbf{k}_2$  в виде  $k_0 n$ , где  $k_0 = \omega/c$ , получаем выражение для показателя преломления среды

$$n = \{[1 + P_d''(b-a) \cos^2 \alpha [2 + P_d''(b-a)]]^{1/2}\}.$$

Отсюда, в частности, следует, что в отсутствие поглощения ( $P_d'' = 0$ ) показатель преломления равен единице ( $n=1$ ), т.е. среда не преломляет. При этом отсутствует и отражение.

Таким образом, нанонить из прозрачного материала может вести себя как среда с единичным показателем преломления, т.е. не преломлять и не отражать падающее на торец излучение. Кроме того, вследствие малых размеров нанонити, составляющие ее диполи переизлучают так, как будто находятся в пределах одной зоны Френеля, чем и определяется возможность усиления.

## Литература

1. Авербух Б.Б., Авербух И.Б. // Известия Вузов: Физика, 52. – 2009. – №12. – С.8-13.

# ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ БЕЗОПАСНОСТИ И КАЧЕСТВА ХЛОПЧАТОБУМАЖНЫХ ТКАНЕЙ БЕЛЬЕВОГО НАЗНАЧЕНИЯ ДЛЯ ГОСТИНИЧНОГО НОМЕРА

*Плеханова С.В., Харьковская О.И.*

Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

Современный интерьер гостиничного номера должен отражать функциональную оправданность, учитывая специфическую особенность гостиниц, совмещающих одновременно общественное и жилое здание. Большую роль в оформлении помещений и жилых номеров наряду с произведениями искусства (живописи, скульптуры, элементами декоративно-прикладного искусства) играют текстильные материалы.

Комфорт внутреннего пространства гостиничного номера создается во многом за счет использования текстильных материалов, выработанных из экологически чистых и безопасных для жизни человека текстильных волокон, не вызывающих аллергию и приступы астмы. Особенно это важно для текстильных материалов, применяемых для постельного белья, так как в этом случае происходит непосредственный контакт с поверхностью кожи человека. Безопасность является важнейшим требованием к текстильным материалам для гостиничного номера.

Цель работы – оценка показателей безопасности и качества хлопчатобумажных тканей бельевого назначения, используемых в интерьере гостиничного номера.

В качестве объектов исследования были выбраны ткани бельевого назначения отечественных производителей полотняного переплетения разного сырьевого состава (100% хлопок; 92% хлопок, 8% эластан), отличающиеся структурными характеристиками. Выбор данных объектов базировался на результатах анкетирования, проведенного среди потребителей и работников гостиниц.

Хлопчатобумажные ткани бельевого назначения подлежат процедуре декларирования в соответствии с Техническим регламентом Таможенного союза 017/2011 «О безопасности продукции легкой промышленности» по следующим показателям: воздухопроницаемость; гигроскопичность; уровень напряженности электростатического поля на поверхности изделия; содержание свободного формальдегида.

Результаты испытаний показали, что все образцы соответствуют нормам, представленным в ТР ТС 017/2011, т.е. удовлетворяют показателям безопасности.

Для расширения информации об объекте исследования в работе была проведена оценка качества по показателям, регламентированным в нормативно-технической документации: ГОСТ 29298-2005 «Ткани хлопчатобумажные и смешанные бытовые. ОТУ». В номенклатуру показателей каче-

ства вошли: разрывная нагрузка; усадка после стирки; стойкость к истиранию по плоскости; воздухопроницаемость; белизна.

Результаты исследования выбранных образцов подтвердили, что все они по выбранным показателям качества соответствуют требованиям стандарта.

В настоящее время наиболее конкурентоспособными организациями являются те, которые ориентированы на клиента и его потребности. Акцент на потребителя (в соответствии с международными стандартами ИСО серии 9000) является важнейшим принципом расстановки приоритетов современной организации. Гостиничная индустрия сегодня представляет собой отрасль с высоким уровнем конкуренции. Поэтому правильное определение критериев и показателей качества обслуживания является достаточно важным.

В работе был проведен выбор номенклатуры определяющих показателей качества (ОПК) тканей для постельного белья с точки зрения клиентов гостиниц. Это представляет собой практический интерес с точки зрения оценки и целенаправленного улучшения качества материалов.

Априорно устанавливали максимально возможный перечень показателей качества. С использованием схемы Исикавы выбрали номенклатуру ОПК. Количественная оценка значимости ПК тканей бельевого назначения была проведена с использованием экспертного метода, суть которого сводилась к следующим этапам: организация опроса; проведение опроса; обработка результатов опроса и полученных оценок весомостей; анализ результатов.

В работе опрос проводился среди независимых экспертов и экспертов-потребителей.

В результате с вероятностью 0,95 получена значимая, хорошая согласованность (0,67).

В номенклатуру определяющих показателей качества хлопчатобумажных тканей бельевого назначения для гостиничного номера вошли: белизна (0,276); усадка после стирки (0,188); туше (0,187); гигроскопичность (0,185); воздухопроницаемость (0,164).

В номенклатуру показателей качества тканей для постельного белья по мнению экспертов вошли показатели, характеризующие комфорт и эстетические свойства. Для клиентов гостиниц самым важным показателем является белизна постельного белья, о чем свидетельствует коэффициент весомости (0,276). Помимо стандартных показателей качества, регламентированных в ГОСТ 29298-2005 «Ткани хлопчатобумажные и смешанные бытовые. Общие технические условия», для потребителей оказался приоритетным показатель «туше». Именно на эти показатели необходимо ориентироваться менеджерам сферы гостиничного бизнеса, так как от этого напрямую зависит комфорт постояльцев, а также их стремление еще раз поселиться в уже знакомом месте.

По установленным показателям качества исследовались выбранные образцы бельевых тканей.

В работе был проведен сравнительный анализ исследуемых вариантов тканей на базе использования квалиметрического подхода с использованием комплексного и интегрального показателей качества.

## МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ КАПИЛЛЯРНОСТИ И ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ТКАНЕЙ

*Волков В.А.<sup>1</sup>, Полехин Д.М.<sup>1</sup>, Агеев А.А.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

<sup>2</sup> Российский новый университет, г. Москва

Капиллярные свойства ткани, как известно из работы [1], играют огромную роль в процессах облагораживания и отделки тканей и нитей, а также при их модификации. Вместе с тем, стандартный метод определения капиллярности по высоте подъема за 30 сек по вертикальному образцу не может дать полной информации о капиллярных характеристиках капиллярно-пористого тела, а иногда способен привести к неверным выводам. Так, например, если определять капиллярность этим способом после модификации полиэфирной ткани методом плазмохимической обработки, то в ряде случаев наблюдается снижение высоты подъема за 30 сек у модифицированной ткани по сравнению с исходной. Из этого делается неправильный вывод, что ткань стала гидрофобной. Хотя в действительности это не так, ткань стала более гидрофильной, но при этом увеличился размер капилляров. Высота подъема воды по вертикальному образцу зависит от двух факторов, а именно: она обратно пропорциональна радиусу капилляров и практически линейно зависит от работы смачивания, т.е. от свободной поверхностной энергии, которая определяется наличием и количеством (поверхностной плотностью) гидрофильных групп.

$$h_{30} = f(1/r, \sigma \cos \Theta). \quad (1)$$

Высота подъема обратно пропорциональна радиусу капилляра и линейно увеличивается с повышением работы смачивания.

Поверхностная плотность гидрофильных групп после плазмохимической обработки волокон может только увеличиваться [2]. В этой связи для характеристики капиллярных свойств тканей требуется определять как структурный параметр-радиус капилляров, так и энергетический поверхностный параметр-работу смачивания поверхности волокон в капиллярах.

В зависимости от размера и формы капилляров при смачивании будет проявляться капиллярное давление  $P_k$ , которое описывается уравнением [3]

$$P_k = \frac{\Pi_k}{A_k} \sigma_{жс} \cos \Theta = \gamma \sigma_{жс} \cos \Theta, \quad (2)$$

где  $\sigma_{жс}$  – поверхностное натяжение смачивающей жидкости,  $\cos \Theta$  – косинус краевого угла смачивания жидкостью поверхности волокон в капиллярах,  $\Pi_k$ ,  $A_k$  – периметр капилляра и площадь его сечения,  $\gamma = \Pi_k/A_k$  – фактор формы капилляра. Например, для цилиндрических капилляров  $\gamma = 2\pi r / \pi r^2 = 2/r$ , для квадратных капилляров  $\gamma = 4a/a^2 = 4/a$ , где  $r$  – радиус цилиндрического капилляра,  $a$  – длина ребра квадратного капилляра и т.д.

В практическом применении уравнение (2) используют, предполагая, что капилляры цилиндрические и определяют эффективный радиус капилляров, т.е. радиус такого цилиндрического капилляра, который по свойствам эквивалентен реальному. Уравнение (2) лежит в основе уравнения Уошборна [4,5], которое выводится исходя из предпосылки цилиндричности капилляров

$$l_m \ln \left[ \frac{l_m}{l_m - l_i} \right] - l_i = \frac{r^2 \rho g}{8\eta} t \quad (3)$$

Это уравнение позволяет рассчитать средний размер капилляров в ткани, если известна величина максимально возможного подъема жидкости по вертикальному образцу.

В работе [4] предложен кинетический метод определения максимальной высоты подъема жидкости по вертикальному образцу ткани и расчета величины краевого угла смачивания поверхности волокон в капиллярах ткани. В основе этого метода лежит уравнение

$$l = l_m \frac{kt}{1 + kt}, \quad (4)$$

где  $l$ ,  $l_m$  – высота подъема жидкости за время  $t$  и максимальная высота подъема,  $k$  – константа скорости подъема жидкости по вертикальному образцу ткани. После приведения этого уравнения к линейной форме [5] легко определяется  $l_m$  графическим методом.

После определения максимальной высоты подъема жидкости можно рассчитать косинус краевого угла смачивания волокон жидкостью в капиллярах по уравнению Жюрена

$$\cos \Theta = (\rho g l_m r_m) / 2\sigma, \quad (5)$$

где  $\tilde{\theta}$  – краевой угол смачивания,  $r_m$  – минимальный размер капилляров,  $g$  – ускорение силы тяжести,  $\sigma$  – поверхностное натяжение жидкости.

Другой вариант такого определения предложен в работе [6], в которой после разложения в ряд уравнения Уошборна получено уравнение

$$l^2 = K \cdot (l_{\max} - l)t, \quad (6)$$

которое показывает квадратичную зависимость высоты подъема (длины заполнения капилляров) от времени контакта образца капиллярно-пористого тела с жидкостью. Это уравнение не учитывает влияния гидростатического давления и справедливо для начального участка кинетической кривой впитывания жидкости. Уравнение (6) приводится к линейной форме в виде зависимости средней скорости подъема жидкости  $l/t$  от высоты подъема  $l$  типа

$$\frac{l}{t} = \left( \frac{K l_{\max}}{l} \right) - K, \quad (7)$$

где  $K = r^2 \rho g / 8\eta$ .

После построения графической зависимости скорости подъема жидкости от высоты мениска в капилляре можно определить как максимальную высоту подъема жидкости, так и величину радиуса капилляров, а затем и косинус краевого угла смачивания.

Расчет величины краевого угла смачивания волокон в капиллярах тканей дает прекрасный инструмент определения качества поверхностной модификации волокон, их очистки и облагораживания, а также позволяет рассчитать динамическую адсорбцию ПАВ в процессах использования их растворов в моющем процессе или при облагораживании текстильных материалов.

Для расчета динамической адсорбции ПАВ предложено уравнение (8)

$$\Gamma = \frac{d(\sigma \cos \theta)}{d \ln c} \frac{1}{kRT}, \quad (8)$$

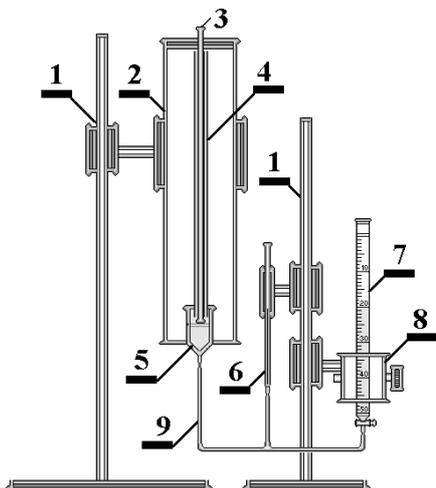
где  $k=1$  для неионогенных ПАВ и  $k=2$  для ионогенных ПАВ.

Это уравнение было использовано при расчете динамической адсорбции в моющем процессе [8] и использовано нами при расчете динамической адсорбции на волокнах модифицированных и облагороженных тканей. Было установлено, что при динамической адсорбции предел её существенно ниже, чем при адсорбции равновесной. Если же динамическую адсорбцию определять при смачивании загрязненной стандартным загрязнителем ткани, то величины динамической и равновесной адсорбции будут одного порядка.

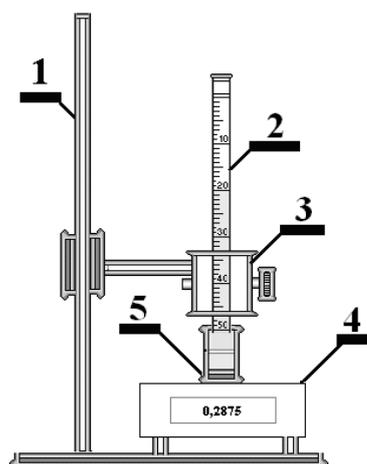
Для расчета распределения капиллярного пространства по размерам капилляров был предложен кинетический метод объемного впитывания жидкости образцами тканей [3] и разработана программа для ПЭВМ, позволяющая легко получить исчерпывающую характеристику капиллярных свойств тканей на основании определения кинетики линейного и объёмного впитывания жидкостей. На рис.1 показана схема установки для определения объема впитанной жидкости. В последнее время нами был разрабо-

тан метод гравитометрического определения капиллярных свойств тканей на основании определения кинетики изменения массы впитанной жидкости.

Обработка результатов исследования на ПЭВМ возможна по программе, разработанной ранее при простом переводе массы впитанной жидкости в объемные величины. На рис.2 приведена схема установки для определения массы жидкости, впитанной исследуемым образцом.



**Рис. 1. Схема установки для определения объема впитанной жидкости пористым образцом: (1-штатив, 2-цилиндр с исследуемым образцом, 3-стеклянная палочка, 4-образец ткани, 5,7-сосуд с исследуемой жидкостью, 6-измерительная калиброванная трубка, 8- микрометрический винт)**



**Рис. 2. Схема установки для гравитометрического определения пористости ткани: (1-штатив, 2-цилиндр с образцом капиллярно-пористого тела, 3-микрометрический винт, 4-электронные весы, 5-сосуд с жидкостью)**

С помощью такой установки возможно определение пористости не только тканей, но и любого капиллярно-пористого тела с высокой точностью, поскольку измерить массу поглощенной воды можно более чем на 3 порядка точнее.

Приводятся примеры использования капиллярных свойств тканей для характеристики процессов очистки тканей от загрязнений и их модификации, а также при химическом модифицировании полиэфирных волокон, облагораживания х/б ткани и др.

### Литература

1. Агеев А.А., Волков В.А. Поверхностные явления и дисперсные системы в производстве текстильных материалов и химических волокон. – М.: Совьяж Бево, 2004. – 246 с.

2. Садова С.Ф., Волков В.А., Гордеев А.С. и др. Влияние модификации шерсти на электроповерхностные свойства и процесс крашения шерстяных

материалов, обработанных в плазме тлеющего разряда // Известия вузов. Технология легкой промышленности. – 1991. – №5. – С.37-413.

3. Волков В.А., Шукина Е.Л., Егорова О.С. // Химическая технология. – 2011. – Т.12. – №2. – С.84-99.

4. Волков В.А., Булушев Б.В., Агеев А.А. Коллоидный журнал. – 2003. – Т.65. – № 4. – С.569-572.

5. Волков В.А. Коллоидная химия. – М.: МГТУ. – 2001. – 640с.

6. Агеев А.А., Волков В.А., Кибалов М.С. и др. Поверхностно-активные вещества в технологических процессах // Сборник материалов научной Сессии секции Физической химии растворов ПАВ научного Совета РАН. – М.: МИТХТ. – 2010. – С.32-34.

7. Аксенова И.В., Волков В.А., Агеев А.А. и др. Сборник материалов конференции «Фагран-2010». Воронеж, ВГУ. – 2010. – С.671-675.

8. Дашко И.В. Влияние комплексонов на межфазовые явления в моющем процессе: автореф. дис. ... канд. хим. наук. / И.В. Дашко – МИТХТ, 2008. – 29 с.

## **АНАЛИЗ ДЕЙСТВУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ВХОДНОГО КОНТРОЛЯ ТКАНЕЙ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

***Вахонина С.А., Яншина А.С.***

**Ивановский государственный политехнический университет, Россия**

Целью данного исследования является критический анализ нормативного и методического обеспечения входного контроля продукции на одном из предприятий ОПК, производящем авиационные системы спасения экипажей. Данная работа выполнялась в рамках очередного цикла улучшения системы менеджмента качества данного предприятия.

На всех этапах производственного цикла продукция проходит несколько уровней контроля: входной, межоперационный и контроль готового изделия. Основной задачей работ по входному контролю является обеспечение производства закупаемыми материалами, отвечающими требованиям нормативно-технической документации, с целью обеспечения необходимого качества выпускаемых изделий.

Одним из основных материалов, используемых в производстве авиационных систем спасения экипажей, является ткань капроновая арт. 56002П, технические условия на которую установлены в ГОСТ 16428 [1]. Объемы потребления данного вида ткани составляют около 100000 метров в год.

Ткань подлежит контролю в соответствии с рабочей инструкцией, в которой установлены контролируемые параметры для каждого вида (артикула) материала, средства измерения, а также вид контроля, объем выборки и правила принятия решений. В инструкции оговаривается условие о

том, что решение об изменении состава контролируемых параметров может приниматься в каждом конкретном случае, исходя из стабильности качества продукции поставщиков, степени освоения новых видов продукции, важности данного параметра для выпускаемой продукции. Рассмотрим правомерность данного положения в отношении стандартных критериев, определяющих правила приемки и методы испытаний тканей данного ассортимента.

Согласно «Перечню материалов, подлежащих входному контролю» перечень контролируемых показателей по данному артикулу ткани включает: ширину, поверхностную плотность, разрывную нагрузку и удлинение, воздухопроницаемость и ожогостойкость. Вместе с тем определение физико-механических показателей ткани капроновой осуществляется в соответствии с ГОСТ 12422 [2], в котором в п. 3.1, установлено, что наряду с перечисленными показателями необходимо определять плотность ткани по основе и утку по методике ГОСТ 3812 [3] и по действующей нормативно-технической документации. Кроме того, в соответствии с требованиями [1] (п. 1.2.3) среди нормативных показателей имеется число нитей на 1 см. При этом в п. 2 [1] «Приемка» дается указание, что «при получении неудовлетворительных результатов хотя бы по одному из показателей, проводят повторные испытания по этому показателю на удвоенном количестве проб».

Таким образом, имеется некоторое противоречие в утверждениях стандарта и выборе контролируемых параметров рабочей инструкции.

Более того, в ГОСТ 4.6-85 [4] показатель «число нитей» на 10 см в основе и утке отмечен как применяемый для всех групп и подгрупп тканей из химических нитей. Также можно отметить, что аналогичный показатель для х/б тканей является обязательным.

В связи с этим нам представляется необоснованным исключение показателя «число нитей» из перечня контролируемых параметров, подтверждаемых при входном контроле.

Рассмотрим техническую возможность расширения перечня контролируемых показателей. Входной контроль ткани по физико-механическим показателям осуществляет лаборатория отдела технического контроля. Лаборатория оснащена всем необходимым оборудованием для проведения испытаний, аттестована и имеет свидетельство об аттестации. Численность лаборатории составляет три человека.

Учитывая то, что в соответствии с работой [3], определение плотности ткани проводят непосредственным подсчетом или удалением нитей на образцах размером не менее 5 см, а также, принимая во внимание, что число нитей у данных тканей должно соответствовать  $47 \pm 1$  нитей на 1 см по основе и  $44 \pm 1,5$  нитей на 1 см по утку, можно заметить, что введение данного показателя в Перечень приведет к чрезмерной загрузке рабочего персонала входного контроля. Также при таком объеме работ возможны субъ-

ективные ошибки при проведении соответствующих испытаний.

Возможным выходом из данной ситуации является внедрение метода экспресс-контроля плотности тканей (числа нитей на 10 см) по основе и утку [5]. Способ получения измерительной информации заключается в автоматизированном анализе цифровых изображений, полученных оператором с помощью фотокамеры. Производительность контроля: до 100 образцов в час силами одного оператора. Для снижения трудоемкости контроля могут быть востребованными такие дополнительные функции, как: автоматизированная одиночная и пакетная обработка полученных изображений полотен; систематизация и сохранение результатов текущего мониторинга в формате \*.xls. Для обеспечения требуемой точности и надежности контроля предполагается ежедневная калибровка измерительного оборудования и программного обеспечения.

Применение данной технологии позволит привести систему входного контроля в соответствие с регламентирующими документами с одновременным снижением трудовых и материальных затрат.

#### Литература

1. ГОСТ 16428-89. Ткани технические из натурального шелка и химических нитей. Технические условия.
2. ГОСТ 12422-78. Ткани шелковые технические. Методы испытаний.
3. ГОСТ 3812-72. Материалы текстильные. Ткани и штучные изделия. Методы определения плотности нитей и пучков ворса.
4. ГОСТ 4.6-85. Система показателей качества продукции. Ткани шелковые и полупелюшковые бытового назначения. Номенклатура показателей.
5. *Шаломин О.А., Матрохин А.Ю., Баженов С.М., Кавин Н.О.* Построение автоматизированной системы контроля технологического процесса формирования ткани // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013. – № 1. – С.167-169.

### **АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ДЛЯ СПАЛЬНЫХ МЕШКОВ**

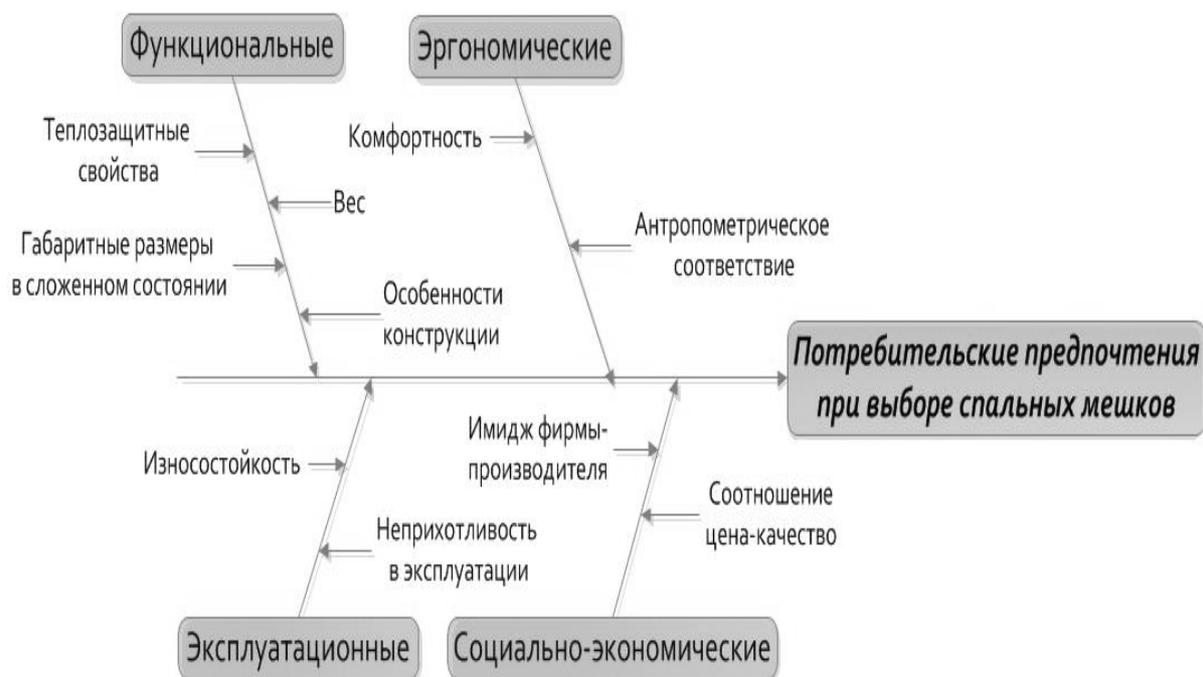
*Глуценко А.А., Денисенко Т.А.*

Костромской государственной технологической академии, Россия

Туризм – один из видов активного отдыха, наиболее эффективное средство восстановления и укрепления здоровья человека, средство духовного, культурного и социального развития личности. За последние годы рынок спортивных товаров в корне изменился как по ассортименту, так и

по качеству изделий. По причине морального старения с прилавков магазина исчезли брезентовые палатки, ватные спальные мешки и пионерские рюкзаки. В замен им появилось в изобилии туристическое снаряжение, изготовленное из современных легких, эргономичных и при этом надежных материалов. Таким образом, эта сфера превратилась в высокотехнологичную, а значит и дорогостоящую. При этом особо остро встал вопрос об оценке качества снаряжения и их защиты от фальсификации.

На данный момент под оценкой уровня качества продукции понимается совокупность операций, включающая выбор номенклатуры показателей качества оцениваемой продукции, определение значений этих показателей и сопоставление их с базовыми [ГОСТ 15467-79]. То есть первым этапом для оценки качества спальных мешков является выбор показателей качества. В ходе исследования потребительских предпочтений экспертным методом и с помощью социологического опроса были установлены следующие наиболее важные показатели, влияющие на выбор спальных мешков (рис.1).



**Рис. 1. Потребительские предпочтения при выборе спальных мешков**

Имидж фирмы-производителя и соотношения цена-качество определяются посредством социологических опросов, тестирования снаряжения в походных условиях, анализа отзывов потребителей и мнения экспертов. Остальные показатели на данный момент можно испытывать с помощью методов, представленных в табл.1.

Таблица 1

## Показатели качества и методы испытания спальных мешков

<i>Группа</i>	<i>Показатель качества</i>	<i>Метод (НТД)</i>
Функциональные	Суммарное тепловое сопротивление	Метод заключается в измерении времени остывания пластины прибора в заданном интервале перепадов температур между поверхностью пластины, изолированным материалом или пакетом и окружающим воздухом (ГОСТ 20489-75)
	Толщина	Измерение толщины пробы полотна, как расстояния между двумя параллельными площадками под заданным давлением на поверхность испытуемой пробы в течение определенного времени (ГОСТ 12023-2003)
	Объемная плотность	Объемная плотность определяется расчетным методом по средствам взвешивания и измерения длины, ширины и толщины точечной пробы (ГОСТ 15902.2-2003)
Эксплуатационные	Изменение линейных размеров после стирки (замочки)	Метод заключается в определении изменения расстояний между метками, нанесенными на элементарную пробу полотна, после обработки в водном растворе (замочка, стирка) (ГОСТ 30157.0-95)
	Устойчивость к многократному сжатию	Сущность метода заключается в оценке оптимального для конкретной ткани значения эксплуатационного давления, соответствующих ему силы сопротивления сжатию и относительной деформации сжатия (ГОСТ 30358-96, ОМУ 17-14-241-84)
	Прочность при раслаивании	Прочность при раслаивании вычисляют по отношению средней нагрузки к ширине элементарной пробы (ГОСТ 15902.3-79)
	Устойчивость ткани к раздвигаемости нитей	Стойкость ткани к раздвигаемости характеризуется величиной сжимающего усилия, вызывающего сдвиг одной системы нитей вдоль другой (ГОСТ 22730-87)
	Разрывная нагрузка	Определение разрывной нагрузки и удлинения в процессе растяжения элементарные пробы (ГОСТ 15902.3-79)
	Безвредность химического состава материала	Химический анализ (ТР ТС 017/2011)
Эксплуатационные	Водоупорность	Элементарную пробу свободно накалывают на рамку для образования кошель. Наливают воду в кошель и измеряют глубину воды линейкой при наливе. Испытание продолжают 24 ч. Признаком протекания элементарной пробы служит появление с наружной стороны элементарной пробы капель в двух и более местах. Признаком намочения является сквозное потемнение элементарной пробы (ГОСТ 3816-81)
	Капиллярность	Элементарную пробу накалывают одним узким концом на планку, а нижний конец элементарной пробы опускают в чашку с окрашенным раствором так, чтобы нулевое деление линейки совпало с уровнем раствора, после чего включают секундомер. Через 60 мин отмечают по ли-

		нейке с погрешностью не более 1 мм высоту подъема раствора (ГОСТ 3816-81)
Эргономические (комфортность)	Гигроскопичность	Гигроскопичность определяется расчетным стандартным методом (ГОСТ 3816-81)
	Воздухопроницаемость	Метод заключается в измерении объема воздуха, проходящего через заданную площадь испытуемого материала за единицу времени при определенном разрежении под точечной пробой (ГОСТ 12088-77)
	Паропроницаемость	Коэффициент паропроницаемости определяется расчетным методом как отношение массы водяных паров, прошедших через пробу материала к площади образца материала и времени испытания (Традиционный метод «Стаканчики»)

Представленные методы распространяются на исследования показателей качества материалов или пакета материалов, а не на испытания изделия в целом.

Так как спальные мешки относятся к изделиям легкой промышленности, а точнее к швейным изделиям (код по ОКП 859100, по ТН ВЭД 9404300000), то они должны отвечать требованиям ТР ТС 017/2011 «О безопасности продукции легкой промышленности». Данный технический регламент оценивает безопасность продукции по следующим показателям:

- механическим (разрывная нагрузка, прочность крепления, гибкость, ударная прочность);
- химическим (предельно допустимое выделение вредных химических веществ в воздушную и (или) водную среду, перечень которых определяется в зависимости от химического состава материала и (или) назначения продукции);
- биологическим (гигроскопичность, воздухопроницаемость, водонепроницаемость, напряженность электростатического поля, индекс токсичности или местно-раздражающее действие, устойчивость окраски).

Согласно ст.10 п. 2 ТР ТС 017/2011 «О безопасности продукции легкой промышленности»: «Методы испытаний продукции легкой промышленности устанавливаются в документах в области стандартизации, включенных в Перечень документов в области стандартизации, содержащих правила и методы испытаний и измерений, в том числе правила отбора образцов, необходимые для исполнения требований технического регламента и осуществления оценки соответствия продукции». Но ввиду того, что в нашей стране не существуют стандарта на спальные мешки, это становится практически не возможным.

Анализ нормативной документации на данный ассортимент товара показал, что на предприятиях, выпускающих спальные мешки, руководствуются ТУ или ОСТАми (например, ОСТ 17668-88 «Мешки спальные

туристические. Общие технические условия»). Данные документы чаще всего регламентируют размеры и технологию производства.

В странах Европейского союза действуют следующие стандарты на спальные мешки:

- EN13537:2012 «Требования, предъявляемые к спальным мешкам»;
- EN13537:2002-1 «Измерения спальных мешков – Внутренние размеры»;
- EN13537:2002-2 «Измерения спальных мешков – Толщина»;
- EN13537:2002-3 «Измерения спальных мешков – Объем при сжатии».

– Цель принятия этих стандартов — создание показателей, по которым можно сравнивать спальные мешки разных производителей. Основные показатели, которые нормируют данные документы, это: температурные характеристики, вес, внутренние размеры, толщина и объем в сжатом состоянии.

– Анализ потребительских предпочтений и существующих методов оценки показателей качества позволил выявить основные требования к качеству спальных мешков. Данные требования могут быть взяты за основу для разработки единого документа, регламентирующего эксплуатационные свойства и методы их испытаний для данного вида изделия на территории РФ. При этом для оценки качества спальных мешков необходимо использовать современные методы испытаний, гармонизированные с европейскими и международными стандартами.

## **ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА СИНТЕТИЧЕСКИХ РАССАСЫВАЮЩИХСЯ ХИРУРГИЧЕСКИХ НИТЕЙ. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА МЕТОДОВ *IN VITRO* И *IN VIVO***

***Винокурова Т.И.***

**Институт хирургии им. А.В. Вишневского Минздрава России, Москва**

В процессе пребывания в тканях живого организма после наложения хирургических швов как внутренних, так и наружных, синтетические рассасывающиеся нити подвергаются воздействию тканевых жидкостей организма, в результате чего снижаются их прочностные свойства. Это происходит преимущественно за счёт гидролитической деструкции, хотя изменения могут вносить и ферменты, присутствующие в тканевой жидкости, и клеточные элементы [1]. Поэтому основным доказательным способом оценки изменения прочностных свойств синтетических рассасывающихся хирургических нитей (СРХН) в тканях организма является метод испытания *in vivo* (в эксперименте на лабораторных животных), хотя и в этом случае результаты испытаний во многом зависят от вида и состояния животных и могут иметь достаточно большой разброс показаний. Кроме того,

поскольку стандартного метода оценки прочностных свойств СРХН *in vivo* нет, условия проведения испытаний у разных исследователей отличаются, в том числе в части типа и размера элементарных проб.

Поскольку основным фактором, влияющим на изменение свойств СРХН, является их гидролиз, для определения изменения свойств синтетических рассасывающихся материалов могут быть использованы различные водные среды, например, дистиллированная вода, буферные растворы различных рН, растворы кислот и щелочей [2].

Тканевая жидкость, окружающая имплантированную в организм нить, состоит на 95% из воды и включает аминокислоты, сахара, жирные кислоты, коферменты, гормоны, нейромедиаторы, соли, а также отходы жизнедеятельности клеток. Буферная система тканевой жидкости содержит, в основном, фосфаты ( $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  и  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ ) и для нее, как и для крови, характерен нейтральный водородный показатель рН 7,4. Поэтому наиболее часто при изучении поведения СРХН *in vitro* в качестве модельной среды используют фосфатный буферный раствор с нейтральным рН 7,4. Этот буферный раствор вошел в качестве основной модельной среды в зарубежные [3, 4], а затем в российский стандарт [5].

Цель данного исследования состояла в сравнительной оценке методов определения изменения прочностных свойств синтетических рассасывающихся нитей *in vivo* и *in vitro*.

Объектом испытаний была выбрана отечественная полигликолидная крученая нить метрического размера 3 (диаметром 0,34 мм), стерилизованная газовым методом (окисью этилена).

Испытания *in vivo* проводили путем имплантации отрезков нити в подкожно-жировую клетчатку мелких лабораторных животных (белых беспородных крыс). Исследования на лабораторных животных проводили в соответствии с Правилами лабораторной практики. На сроках от 7 до 16 суток образцы нитей иссекали, освобождали от соединительной ткани и определяли остаточную разрывную нагрузку.

При испытании *in vitro* в качестве модельной среды использовали 1 молярный фосфатный буфер рН 7,4. Отрезки нитей помещали в модельную среду и экспонировали при температуре 37<sup>0</sup>С. Сроки наблюдения составляли от 7 до 18 суток. На указанных сроках образцы нитей извлекали из буферного раствора и определяли остаточную прочность.

Определение разрывных характеристик нитей после экспозиции *in vivo* и *in vitro* проводили на влажных образцах, сразу после извлечения, соответственно, из животных и модельной среды. При испытаниях *in vitro* за исходные принимали образцы после экспозиции в буферном растворе в течение 1 ч. Определение разрывных характеристик проводили на испытательной установке "Инстрон" модели 6021. Зажимная длина образцов составляла 25 мм, скорость перемещения подвижного зажима разрывной машины 25 мм/мин. Результаты испытаний приведены в табл. 1.

Таблица 1

Прочностные характеристики полигликолидных нитей  
до и после экспозиции *in vitro* и *in vivo*

Срок экспозиции, сутки	Разрывная нагрузка, Р, Н	
	<i>in vitro</i>	<i>in vivo</i>
0	32,6 ± 0,4	32,6 ± 0,4
7	27,2 ± 0,3	23,4 ± 0,1
10	20,2 ± 0,4	18,4 ± 0,2
14	11,5 ± 0,6	8,8 ± 0,2
16	6,4 ± 0,4	6,3 ± 0,3
18	2,8 ± 0,2	-

Результаты исследований показали, что снижение прочности полигликолидных нитей в модельной среде происходит в меньшей степени, чем *in vivo*, при этом разница в показателях разрывной нагрузки на сроках экспозиции до 14 суток статистически значима и составляет в среднем 8-9% (рис.1). На более поздних сроках эта разница нивелируется и к 16 – 18 суткам практически исчезает. В соответствии с существующей в настоящее время методологией заживления ран, основная фаза заживления, так называемая фаза регенерации, протекает от 5 суток до 3 недель [6]. К двум неделям прочность раны достигает 80 - 90% прочности интактных тканей, поэтому это срок называют "критическим" сроком заживления раны.

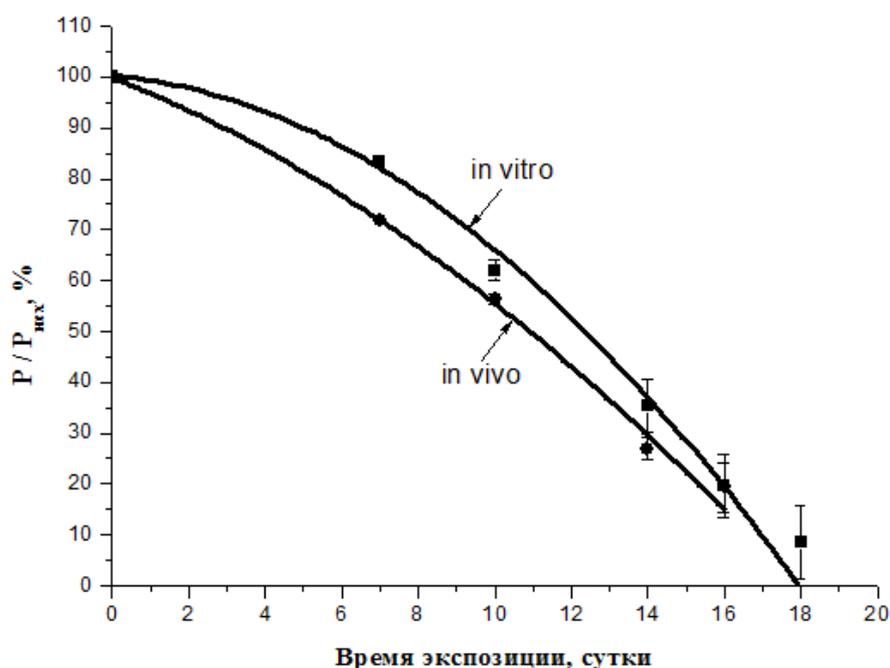


Рис. 1. Характер снижения относительной прочности полигликолидных нитей после экспозиции *in vivo* и *in vitro*

Проведенные исследования позволяют сделать вывод, что при определении сроков сохранения прочности синтетических рассасывающихся нитей в тканях организма с использованием модельной среды (фосфатного буфера pH 7,4 при температуре 37<sup>0</sup>C) следует учитывать, что в тканях организма потеря прочности нитей на критических сроках заживления ран будет примерно на 10% больше.

#### Литература

1. Metz S.A., Chegini N., Masterson B.J. In vivo and in vitro degradation of monofilament absorbable sutures, PDS and Maxon // Biomaterials. – 1990. – V.11. – № 1. – P.41 - 45.
2. Chung E., McPherson N., Grant A. Tensile strength of absorbable suture materials: in vitro analysis of the effects of pH and bacteria // J. Surg. Educ. – 2009. – V.66. – № 4. – P. 208 - 211.
3. ASTM F 1635-11 Standard Test Method for *in vitro* Degradation Testing of Hydrolytically Degradable Polymer Resins and Fabricated Forms for Surgical Implants.
4. ISO 13781:1997 Poly(L-lactide) resins and fabricated forms for surgical implants - In vitro degradation testing.
5. ГОСТ Р ИСО 13781-2011 Смолы и отформованные элементы на основе поли(L-лактида) для хирургических имплантатов. Исследование деградации методом *in vitro*.
6. Раны и раневая инфекция. Под ред. Кузина М.И. и Костюченка Б.М. – М., Медицина, 1981. – С. 267-268.

### **ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОГНЕСТОЙКИХ ТКАНЕЙ ДЛЯ СПЕЦОДЕЖДЫ РАБОТНИКОВ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА**

*Давыдов А.Ф., Кудринский С.В.*

**Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия**

В последние годы как большие предприятия, так и предприятия малого и среднего бизнеса, уделяют большое внимание охране труда, жизни и здоровью работников, так как пришло понимание того, что лучше затратить деньги на защиту своих работников, чем потом нести миллионные издержки в связи с нанесением вреда их здоровью. Отделы охраны труда стали уделять повышенное внимание средствам индивидуальной защиты, как последнему рубежу, способному сохранить жизнь и здоровье людей. На основании этого актуальным является выбор номенклатуры показателей безопасности и качества, разработка методов оценки, позволяющих проводить экспресс-тесты для ткани и костюмов спецназначения, с целью

определения их пригодности для работы в конкретных условиях. При этом необходимо выбрать ограниченную номенклатуру, а требования разделить на блоки, для того, чтобы не подменять индивидуальный подход к конкретному костюму, его серийному выпуску.

В работе была определена номенклатура наиболее значимых показателей экспертным методом. При этом все показатели делились на 4 группы:

- защитные,
- гигиенические,
- эксплуатационные,
- технологические.

По каждой из групп были определены наиболее значимые показатели безопасности и качества:

- *защитные:*

- огнестойкость,
- водоупорность,
- электризуемость,
- теплозащитные свойства,
- стойкость к действию нефти и масел;

- *гигиенические:*

- паропроницаемость,
- гигроскопичность;

- *эксплуатационные:*

- устойчивость к истиранию,
- разрывная нагрузка;

- *технологические:*

- жёсткость при изгибе,
- драпируемость.

Для определения пригодности ткани для защиты работников от воздействия открытого пламени был разработан экспресс-метод, позволяющий определять характеристику теплопередачи.

Метод основан на воздействии открытого пламени, создаваемом газовой грелкой, на образец ткани, расположенный на медной пластине, которая крепится на опорном штативе. К верхней части пластины крепится термopара, которая передает сигналы на регистрирующее устройство. Данный метод позволяет на уровне предприятия производить подобные исследования и отбирать ткани для конкретного целевого назначения. Данный метод может быть использован в широком диапазоне как для испытательной лаборатории, так и на базе отделов охраны труда предприятия.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СТИРОК НА СВОЙСТВА МЕМБРАННЫХ МАТЕРИАЛОВ

*Панкевич Д.К., Лобацкая Е.М., Дорошенко И.А.*

Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь

Композиционные слоистые материалы, содержащие мембранный слой, более 40 лет используются в швейной промышленности. Областью применения таких материалов является производство специальной, бытовой водозащитной одежды и одежды для спорта и активного отдыха. Мембраны, входящие в состав композита, значительно улучшают потребительские качества материалов за счет того, что являются барьером для атмосферных осадков, но проницаемы для парообразной влаги.

На кафедре «Технология текстильных материалов» Витебского государственного технологического университета проведено исследование влияния стирок на водоотталкивание, воздухопроницаемость и линейные размеры композиционных слоистых материалов, содержащих мембранный полиуретановый слой.

Цель исследования – оценить степень влияния стирок на свойства различных по структуре мембранных материалов. В соответствии с целью решались следующие задачи:

- установить рекомендуемый способ ухода за изделиями из исследуемых материалов;
- разработать методику проведения исследования;
- исследовать структуру мембранных материалов;
- исследовать влияние стирки на линейные размеры, воздухопроницаемость и водоотталкивание материалов;
- проанализировать результаты исследования.

Исследованию подвергались композиционные слоистые материалы, различные по структуре и механизму мембранного переноса. Микроскопия поперечных срезов образцов проводилась методом темного поля в отраженном свете. Изображение с цифровой фотокамеры микроскопа обрабатывалось с помощью пакета прикладных программ. В зависимости от структурных различий, выявленных методом микроскопии, материалы были разделены на 4 группы:

1. Материалы, содержащие составную гидрофильно-гидрофобную мембрану, соединенную с текстильной основой. Гидрофобный слой мембраны микропористый, а гидрофильный – монолитный. Соотношение слоев материала таково, что мембранный слой по суммарной толщине сопоставим с текстильной основой. Процентное соотношение слоев 53:(37:10);

2. То же, но мембранный слой более тонкий. Процентное соотношение слоев 75:(17:8);

3. Материалы, содержащие микропористую гидрофобную мембрану, соединенную с одним текстильным слоем, соотношение слоев 77:23;

4. То же, но текстильных слоя два, мембрана располагается между ними. Соотношение слоев 97:3.

Характеристика объектов исследования представлена в табл.1.

Таблица 1

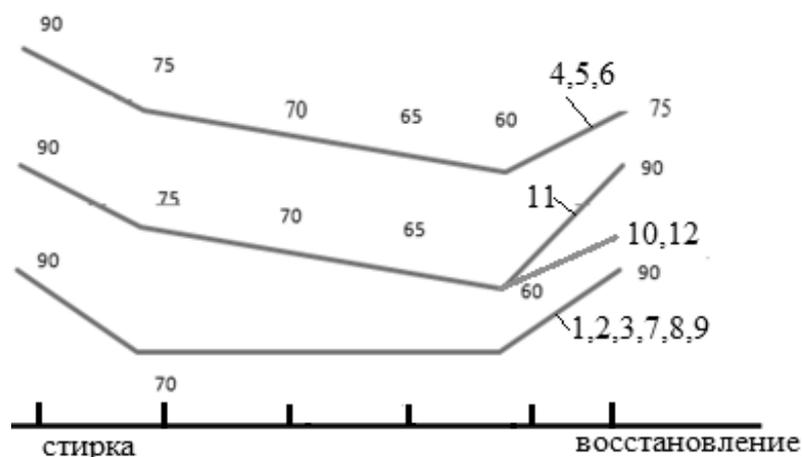
Характеристика материалов

Группа	Номер образца	Толщина, мм	Поверхностная плотность, г/м <sup>2</sup>	Объемная масса, мг/мм <sup>3</sup>
1	1	0,2	137	0,69
	2	0,19	136	0,72
	3	0,19	132	0,71
2	4	0,27	185	0,69
	5	0,29	211	0,73
	6	0,44	266	0,6
3	7	0,23	133	0,58
	8	0,22	157	0,71
	9	0,24	115	0,48
4	10	0,55	204	0,37
	11	0,25	121	0,48
	12	0,89	272	0,31

Методика исследования заключалась в определении свойств материалов стандартными методами до стирки и после каждой стирки и высушивания. Всего проведено 5 стирок. Режим стирки устанавливался с учетом рекомендаций производителей мембранных материалов: ручная стирка без трения в растворе жидкого синтетического моющего средства «Бонус» (концентрация 6 г/л) при температуре воды 30<sup>0</sup>С, время стирки – 15 минут, время полоскания – 5 минут, без отжима. Сушка образцов производилась вдали от источников тепла при комнатной температуре воздуха в горизонтальном положении. Восстановление водоотталкивающих свойств проводилось после 5 стирок и заключалось в приутюживании образцов без увлажнения при температуре гладильной поверхности 110<sup>0</sup>С.

Использовались стандартные методы испытаний: водоотталкивание определяли по ГОСТ 28486-90 на приборе FF-10, воздухопроницаемость – по ГОСТ 12088-77 на приборе ВПТМ-2, изменение линейных размеров после стирки – по ГОСТ30157.0-95.

Выявлено, что стирка оказывает значительное влияние на водоотталкивание исследуемых материалов – уже после 1 стирки отмечено снижение водоотталкивающих свойств. Приутюживание без увлажнения приводит к восстановлению водоотталкивающих свойств у большинства образцов. На рис.1 представлены характерные для исследуемых материалов ломаные, иллюстрирующие динамику снижения водоотталкивающих свойств, выраженных в баллах.



**Рис. 1. Динамика снижения водоотталкивания. Характерные ломаные**

Динамика снижения водоотталкивания различна:

- у образцов 1, 2, 3, 7, 8, 9 резкое снижение водоотталкивания происходит после 1 стирки и сохраняется на этом уровне, свойства восстанавливаются после приутюживания полностью.

- у образцов 10, 11, 12 водоотталкивание снижается постепенно и равномерно, свойства восстанавливаются после приутюживания полностью (11) или частично (10, 12).

- у образцов 4,5 и 6 водоотталкивание снижается постепенно, но неравномерно, с наибольшей потерей водоотталкивающих свойств после 1 стирки, свойства восстанавливаются после приутюживания до уровня, отмеченного после 1 стирки.

Стирка оказывает влияние на воздухопроницаемость исследуемых материалов – после 5 стирок воздухопроницаемость материалов увеличивается, что указывает на нарушение структуры материалов вследствие различного отношения к влаге слоев в их составе. Гидрофильный монолитный слой при погружении в воду расширяется за счет набухания, что приводит к образованию сквозных микротрещин гидрофобного слоя, который своих линейных размеров не изменяет. Внешне это проявляется в скручивании образцов материалов гидрофильной мембраной наружу (материалы 1 и 2 группы) или текстильной основой наружу (материалы 3 группы). Наименьшему скручиванию после погружения в воду подвержены образцы 4 группы материалов, имеющие очень тонкую по сравнению с остальными образцами и текстильными слоями мембрану. У этих образцов увеличение воздухопроницаемости после стирки не наблюдается.

Влияние стирок на изменение линейных размеров исследуемых материалов минимально – все образцы можно отнести к практически безусадочным, с усадкой по основе и утку, не превышающей 1,5%.

Результаты исследования представлены в табл.2.

Таблица 2

Результаты исследования

Группа	Номер образца	Коэффициент воздухопроницаемости, $\text{дм}^3/\text{с}*\text{м}^2$		Усадка после 5 стирок, %	
		до стирки	после 5 стирок	основа	уток
1	1	0	5,1	0,7	0,9
	2	0	4,6	0,5	0,5
	3	0	4,5	0	0,5
2	4	0	5,0	0	0
	5	0	4,6	0,1	0
	6	0	5,4	0,8	0
3	7	0	4,8	0,5	0,5
	8	4,5	5,1	0	0
	9	0	4,5	1,1	0,6
4	10	0	0	0	0
	11	0	0	0,9	0,9
	12	0	0	0	0

Таким образом, наибольшее влияние стирка оказывает на водоотталкивающие свойства мембранных материалов, а также на воздухопроницаемость. Увеличение воздухопроницаемости после стирок указывает на механическую деструкцию, вызванную различным отношением слоев материалов к капельно-жидкой влаге. Выявлено, что композиционные материалы с тонким (до 3% от общей толщины) мембранным микропористым слоем, расположенным между текстильными слоями, обладают более стабильной структурой. Материалы, в которых мембранный слой по толщине составляет свыше 20%, после 5 стирок проявляют признаки деструкции. Стирка с полным погружением изделия в воду для изделий из таких материалов нежелательна – по-возможности её стоит заменять локальным воздействием на загрязненные места с наружной стороны.

**ПРОЧНОСТЬ ОКРАСКИ МАТЕРИАЛОВ К ДЕЙСТВИЮ ПОТА И СТИРКИ В ИЗДЕЛИЯХ, ПОДВЕРГАЮЩИХСЯ ВЫСОКИМ ДИНАМИЧЕСКИМ НАГРУЗКАМ**

*Чаленко Е.А., Груздева Е.М., Кирсанова Е.А., Санжиева Г.В., Шустов Ю.С., Аксенова И.А., Вершинина А.В.*

Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

На тренировках и выступлениях спортсменов активно потеет, поэтому купальники подвергаются стирке каждый раз после очередного использования. Следовательно, материал подвергается воздействию кислой среды и

химических реагентов. При действии пота и стирки износ материалов происходит под влиянием комплекса физико-химических и механических факторов. К физико-химическим факторам относится действие моющего средства или кислой среды, температуры и влаги, а к механическим – мокрое истирание материала о материал и о детали стиральной машины, многократные деформации растяжения, изгиба, сжатия и кручения.

Устойчивость окраски к стирке и поту проверялась на цветных пробах изучаемого материала, размером 10x4 см, подготовленных в соответствии с рекомендациями стандарта. Из списка исследуемых материалов были удалены образцы М3 и М6, так как они не имеют окраса. При этом образец М6 был исследован на степень окрашиваемости красителями других исследуемых материалов.

Испытание устойчивости окраски к поту проводилось в растворе, состоящим из 5г/дм<sup>3</sup> поваренной соли и 6 см<sup>3</sup>/дм<sup>3</sup> 25%-ного водного раствора аммиака при температуре 45+- 2°С, проба выдерживалась 30 минут, затем в раствор добавлялось 70 см<sup>3</sup>/дм<sup>3</sup> 10%-ной уксусной кислоты, и проба выдерживалась еще 30 минут и высушивалась.

Испытание к стирке проводилось в водяной бане с вращающимся валом, на котором закреплены контейнеры из стекла или нержавеющей стали. Для создания механического действия в сосуд насыпали шарики из нержавеющей стали диаметром 6 мм. Состав для стирки – мыло и сода кальцинированная.

После стирки пробы прополаскивались и высушивались. Результаты испытаний представлены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты испытаний стойкости окраски материала под действием стирки и раствора пота

Проба материала	Прочность окраски, баллы							
	Мыльный раствор				Раствор «пота»			
	Изменение первоначальной окраски		Закрашивание белого материала		Изменение первоначальной окраски		Закрашивание белого материала	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
М1	5	4	4	4	4	4	4	4
М2	3	3	3	3	3	3	3	Не менее 3
М4	3	4	4	4	3	Не менее 3	2	Не менее 3
М5	4	4	4	4	5	5	4	4
М6	4	4	3	4	3	Не менее 3	2	Не менее 3
М8	2	Не менее 3	4	4	2	Не менее 3	4	4
М9	1	Не менее 3	5	4	3	Не менее 3	4	4

M10	5	5	5	5	5	4	3	Не менее 3
M11	3	4	3	Не менее 3	3	Не менее 3	2	Не менее 3
M12	4	4	4	4	4	4	4	4
M13	4	4	4	4	4	4	4	4

Исследование проб материала на устойчивость окраски показало, что высокоэластичные эластомерные материалы обладают неудовлетворительной устойчивостью окраски к действию стирки и пота по ГОСТ 2351 – 77. Закрашивание белого материала имеет существенные различия: в мыльном растворе закрашивание белых образцов гораздо ниже, чем в растворе «пота».

## **ИЗУЧЕНИЕ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ СВОЙСТВ ШТУЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ МАХРОВЫХ ТКАНЕЙ РАЗНОГО СОСТАВА**

*Акопова Е.И.*

**Новосибирский технологический институт (филиал) МГУДТ, Россия**

В последнее время на Российском рынке появилось большое количество новинок товаров широкого потребления, не стал исключением и рынок штучных изделий из махровых тканей. На сегодняшний день на Российском рынке представлен большой ассортимент махровых изделий разного состава, разных производителей, и не всегда покупатель может сориентироваться по качественным показателям и отдать предпочтение тому или иному товару. Самым распространенным товаром этого сегмента рынка являются полотенца.

На сегодняшний день самыми популярными среди покупателей и производителей являются полотенца из хлопка. Они в большом количестве выпускаются многими текстильными фабриками. Их достоинствами являются демократичная цена и экологичность. Хлопковые полотенца – полотенца из природного материала, а потому обладают хорошими гигиеническими свойствами, отлично впитывают влагу, устойчивы к воздействию щелочи, хорошо сохраняют тепло и почти не электризуются. Хлопковые полотенца отличаются способом плетения. Наиболее востребованными являются махровые полотенца, отличительной особенностью которых является наличие на их поверхности с одной или двух сторон ворса из петель основной ткани. Чем плотнее друг к другу расположены ворсинки, тем быстрее и больше влаги способно впитать полотенце.

Бамбуковые полотенца могут прекрасно заменить привычные хлопковые, так как по своим качественным характеристикам не уступают им, а по некоторым даже превосходят. Одним из положительных и привлекательных для потребителя свойств бамбука является то, что он является

экологически чистым материалом. Производители изделий из бамбука заявляют, что так как он является природным дикорастущим растением, то при его выращивании не используются никакие химические материалы (удобрения и пестициды), что также говорит об экологичности изделий из этого природного материала.

В отличие от полотенец из хлопка, полотенца из бамбуковых волокон обладают хорошей мягкостью и шелковистостью на ощупь, блеском, т.е. обладают очень хорошими эргономическими свойствами. Кроме того, бамбуковые полотенца обладают гипоаллергенными свойствами, а сам бамбук содержит антибактериальные компоненты, которые подавляют рост и развитие различных бактерий, т.е. создают антибактериальную защиту.

В работе проведено сравнительное изучение потребительских свойств махровых полотенец из хлопчатобумажных и бамбуковых волокон разных производителей.

В рамках работы было проведено маркетинговое исследование потребителей штучных изделий из махровых тканей. Целью этого исследования явилось: изучение предпочтений потребителей штучных изделий из махровых тканей, механизмов выбора и приобретения товара. Главным и единственным источником информации для маркетингового исследования явилась целевая аудитория потребителей штучных изделий из махровых тканей. Существует широкий спектр способов обработки и анализа полученной при проведении исследования информации. Из них для анализа информации, полученной в ходе данного исследования, выбран метод простого табулирования. В результате опроса выяснилось, что большинство потребителей выбирают штучные изделия из махровых тканей по внешнему виду. В ходе органолептической оценки для респондентов важен такой показатель качества, как длина ворса изделия. Большинство потребителей предпочитают пользоваться штучными изделиями из махровых тканей производства Турции и России. Также многие респонденты уже пользуются новинкой на рынке штучных изделий из махровых тканей – бамбуковыми полотенцами. Они появились сравнительно недавно на Российском рынке, но уже успели завоевать расположение потенциального потребителя, что говорит о высоком качестве таких изделий.

Вторым этапом работы явилось изучение потребительских свойств отобранных образцов. Основными объектами исследований в работе явились 9 образцов штучных изделий из махровых тканей следующих производителей: «СТК - Текстиль», ТПК «DM Текстиль», ООО «Волочек Текстиль», ОАО «Красные Ткачи», ООО «Краснодарская ткацкая фабрика» (Россия); махровые полотенца производства Китая, Турции, Пакистана, Португалии. Полотенца производства Китая, Турции и Португалии были изготовлены из бамбуковых волокон.

Одними из важнейших потребительских свойств являются показатели безопасности, а для изделий из махровых тканей, т.е. полотенец, это показатели капиллярности и водопоглощения, которые характеризуют впитывающую способность этих изделий.

В результате проведенных испытаний было выявлено, что все образцы по показателям безопасности соответствуют требованиям Технического регламента Таможенного Союза 017/2011 «О безопасности продукции легкой промышленности», что говорит о том, что они не только не принесут вреда при эксплуатации, но и являются качественным товаром, отвечающим всем нормам.

Но все же, смотря на градацию результатов, лучшие результаты по всем показателям получили образцы бамбуковых полотенец. Они оказались самыми качественными и надежными среди всех испытуемых образцов. По показателю капиллярности и водопоглощения самый лучший результат также имеют образцы бамбуковых полотенец, причем эти показатели в 2,5 раза превышают показатели аналогичных изделий из хлопковых волокон. Причем было выявлено, что пористая структура этих полотенец позволяет не только быстро впитывать влагу (скорость впитывания влаги в несколько раз превышает скорость впитывания хлопковых полотенец) и в большом количестве, но и эффективно ее испарять, в результате чего полотенце быстро сохнет.

Также в работе было выявлено, что полотенца из бамбука обладают более высокой воздухопроницаемостью, чем аналогичные изделия из хлопковых волокон, что говорит о том, что эти полотенца не будут держать запах затхлости, что является характерным для хлопковых полотенец при отсутствии стирки и сушки.

Одним из важнейших показателей безопасности для всех текстильных изделий, в том числе и полотенец, является содержание свободного формальдегида, который используется в текстильной промышленности в составе аппретов для придания изделиям несминаемости. И хотя в ходе маркетинговых исследований было выявлено, что этот показатель не является особенно важным для потребителя, т.к. многие даже не подозревают о вреде свободного формальдегида для человека, в работе было определено его содержание во всех испытуемых образцах. Было выявлено, что содержание свободного формальдегида не превышает допустимые нормы (не более 75 мкг/г).

В работе проведена статистическая обработка и рассчитан коэффициент вариации по таким показателям как воздухопроницаемость, капиллярность, водопоглощение. Полученные значения коэффициента вариации < 5% означают очень высокую равномерность и однородность готовой продукции по анализируемым показателям.

Таким образом, сравнительное изучение потребительских свойств штучных изделий из махровых тканей разного состава позволило выявить

явное преимущество изделий из бамбуковых волокон и хотя разница в цене у них довольно существенна (полотенца из бамбуковых волокон практически в двое дороже хлопковых), качественные характеристики бамбуковых полотенец гораздо лучше.

## **ОЦЕНКА ГИБКОСТИ ЛЬНЯНОГО ВОЛОКНА С ПРИМЕНЕНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ ПРИБОРОВ**

*Пашин Е.Л., Пашина Л.В.*

**Костромской государственный технологический университет, Россия  
Костромской НИИ сельского хозяйства, Россия**

При оценке прядильной способности длинного льняного волокна необходима объективная оценка его свойств, в том числе гибкости. Определение этого свойства осуществляют с применением гибкомера Г-2 [1] по действующим стандартам [2, 3]. Суть способа заключается в определении прогиба двух свободных концов пряди волокна длиной 27 см и массой 0,42 г. Чем прогиб больше, тем более гибким является волокно. Вместе с тем, применение способа на практике выявило его недостатки, снижающие точность оценки. Так, имеет место субъективизм при расположении пряди на полках прибора и при считывании его показаний. Например, визуальное от середины конца пряди необходимо условно провести горизонталь на шкалу прибора.

В этой связи были предложены аналоги указанного способа. Один из них – ГВ-3, основан на учёте стрелы прогиба  $f$  волокнистой пробы одновременно в четырёх зонах по её длине [4]. Прогиб волокна производят посредством увеличения составляющей силы тяжести  $G$  за счёт поворота вокруг оси специальной платформы. В этом случае увеличение  $G$  происходит по закону синуса. При достижении определенной величины прогиба волокна платформа автоматически останавливается. Оценкой, характеризующей гибкость, является угол поворота платформы. Чем меньше угол достижения величины  $f$ , тем волокно более гибкое.

Другой способ основан на подсчёте числа циклов качения маятника при взаимодействии с закреплённым в виде консоли волокном [5]. Для реализации способа был создан прибор ГВК, обеспечивающий подсчёт полных циклов качения маятника. Чем больше циклов качения, тем более гибкое волокно.

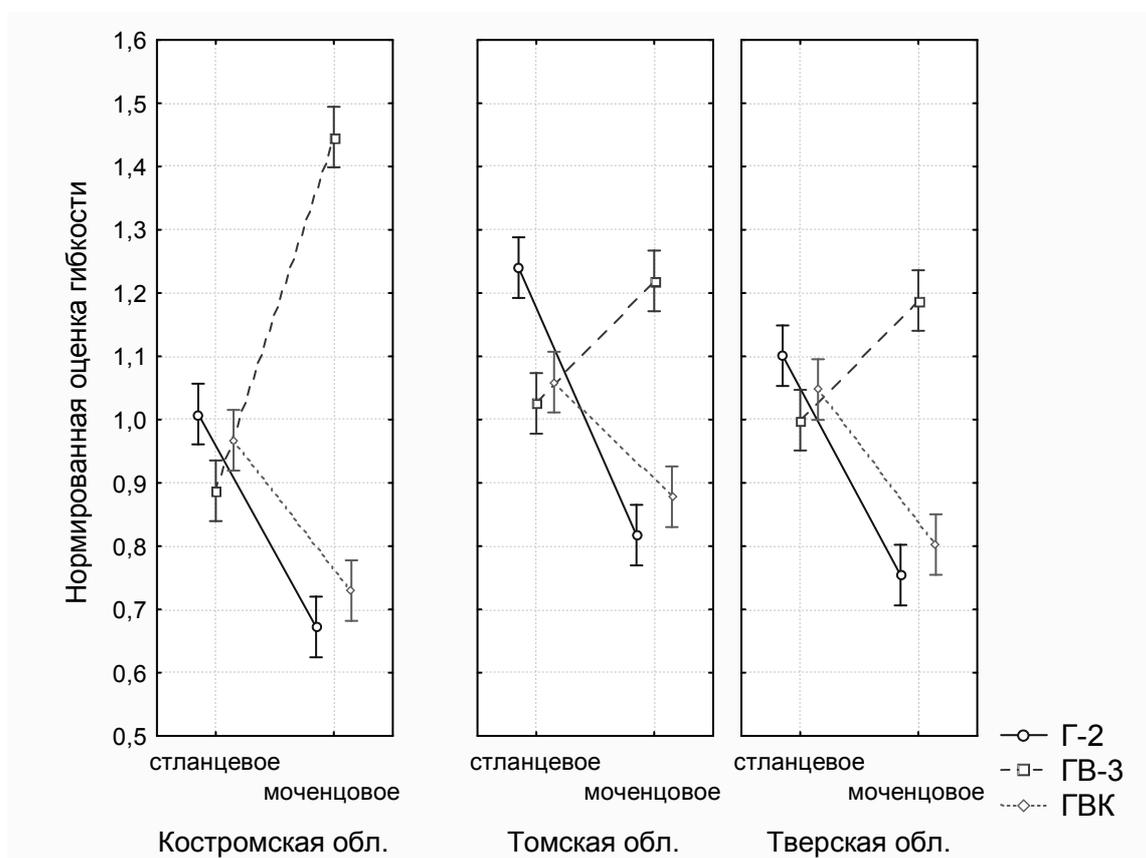
Таким образом, при испытании волокна на приборе Г-2 гибкость измеряют в мм, на приборе ГВ-3 – в относительных единицах, характеризующих угол наклона платформы, а на приборе ГВК гибкость характеризуют количество циклов качения, раз.

Для сравнительного испытания указанных приборов использовали чесаное волокно льна-долгунца сорта Тверской, выращенного в Костром-

ской, Тверской и Томской областях. Анализ провели на стланцевом и моченцовом волокне при пятнадцатикратной повторности, обеспечившей относительную ошибку средней менее 4%.

Поскольку на указанных приборах гибкость волокна определяют в различных единицах измерения, то с целью сопоставления данных провели нормирование показаний трёх гибкомеров. По результатам корреляционного анализа установлена статистически значимая ( $P=95\%$ ) взаимосвязь между показаниями гибкомеров. Так, коэффициент корреляции между показаниями Г-2 и ГВ-3 составил (-0,73); между Г-2 и ГВК – (0,77); между ГВ-3 и ГВК – (0,79).

Посредством трёхфакторного дисперсионного анализа, осуществлённого с использованием ППП «Statistika», оценили нормированную оценку гибкости в зависимости от конструкции используемых приборов и других факторов (вид волокна, регион выращивания) (рис.1).



**Рис. 1. Распределение нормированных оценок гибкости волокна по результатам дисперсионного анализа ( $p < 0,05$ )**

Представленные данные в большинстве случаев свидетельствуют о близких нормированных значениях гибкости волокна, полученных на трёх приборах. Так, стланцевое волокно из каждого региона выращивания имеет большую гибкость относительно моченцового. Три прибора зафиксировали достоверные различия гибкости стланцевого и моченцового волокна в

регионах выращивания сорта. Например, гибкость стланцевого волокна из Томской и Тверской областей выше, чем из Костромской области. Достоверно ниже гибкость моченцового волокна из Костромской области относительно волокна из Тверской.

Таким образом, приборы новых конструкций ГВ-3 и ГВК обеспечивают при определении гибкости чесаного льняного волокна получение оценок, в высокой степени соответствующих оценкам прибора Г-2, который предусмотрен ГОСТам. При этом их использование исключает недостатки, присущие стандартному прибору.

### Литература

1. *Городов В.В., Лазарева С.Е., Лунёв И.Я. и др.* Испытание лубоволокнистых материалов. – М.: Легкая индустрия, 1969. – 208 с.
2. ГОСТ Р 53484-2009 Лен трепаный. ТУ. – М.: ИПК Изд-во Стандартиформ, 2010. – 13 с.
3. ГОСТ Р 53549-2009. Лен чесаный. Технические требования. – М.: ИПК Изд-во Стандартиформ, 2010. – 18 с.
4. Авт. Свид. СССР № 1442913 / Устройство для оценки гибкости волокна или луба лубяных культур: автор Е.Л. Пашин – заявл. 20.06.1986, опубл. 07.12.1988.
5. Патент РФ № 2368902 / Способ оценки гибкости волокна или луба лубяных культур: авторы Л.В. Пашина, Е.Л. Пашин – заявл. 14.07.2008, опубл. 27.09.2009.

## ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭСТЕТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОЖИ СТРАУСА

*Петросова И.А.<sup>1</sup>, Андреева Е.Г.<sup>1</sup>, Новиков М.В.<sup>2</sup>, Сухинина Т.В.<sup>2</sup>,  
Горбачева М.В.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

<sup>2</sup> Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии им. К.И. Скрябина, Россия

Кожевенный полуфабрикат из шкур страуса отличается мягкостью, рельефным рисунком и зернистостью на лицевой поверхности, обеспечивающими стереоскопическое восприятие кожи. Текстура поверхности кожи с туловища страуса уникальна и создана рисунком перьевых фолликулов. Кожа с голени и цевки страуса напоминает кожу крокодила. Кожа страуса считается наиболее эластичной, прочной и долговечной из всех экзотических кож, а привлекательность уникальной рельефной текстуры способствует ее особенной популярности в индустрии моды (*Сухинина и др.*, 2014).

Для использования экзотических кож в творческом арсенале дизайнеров особенно важна оценка их эстетических свойств (*Von Hoven, 2002*). На качество и рыночную стоимость кожи страуса влияют эстетические свойства кожевенного полуфабриката, уникальность которому придают такие показатели, как размер, форма и плотность расположения перьевых фолликулов. Согласно нормативным требованиям к козам страуса высших сортов перьевые фолликулы должны быть среднего размера, иметь округлую форму и достаточную прочность, чтобы не разрываться при растяжении (*Mellett, 1995*). Плотность распределения перьевых фолликулов, называемых «узелками», предопределяет назначение проектируемых изделий.

Перьевые фолликулы, представляющие собой объемные «узелки», выступающие над лицевой поверхностью кожи, расположены только на определенных участках шкуры страуса, главным образом на спине. Количество перьевых фолликулов на шкуре страуса варьируется от 1032 до 1762 шт. (в среднем  $1461 \pm 136$  шт.,  $C_v = 9,2\%$ ) (*Engelbrecht et al., 2009*). Плотность расположения и размер перьевых фолликулов на шкуре страуса изменяются в широком диапазоне (табл. 1).

Таблица 1

Плотность расположения и размер перьевых фолликулов на выдубленных шкурах 16-месячных страусов (n=2193) (*Meyer et al., 2004*)

Характеристика перьевых фолликулов	Среднее значение, $\bar{X} \pm \sigma$	Коэффициент вариации, %	Диапазон изменений
Плотность расположения, шт/дм <sup>2</sup>	$47,3 \pm 15,8$	33,4	17 - 114
Размер, мм	$3,61 \pm 0,55$	15,2	2,17 – 5,41

На размер и плотность расположения перьевых фолликулов влияет топография их расположения на шкуре страуса. Наименьший диаметр перьевых фолликулов отмечен у шеи (в среднем 2,9 мм), а наибольший (3,76 мм) в области крестца. Перьевые фолликулы в хребтовой области и со стороны шеи, как правило, меньше тех, что располагаются ближе к бокам и хвостовой части страуса, а плотность «узелков» типично уменьшается с увеличением их среднего размера. Существует значимая корреляция между относительным размером перьевых фолликулов на различных топографических участках, то есть относительно более крупный или мелкий размер «узелков» характерен в целом для всей шкуры страуса. С увеличением возраста страуса размер перьевых фолликулов увеличивается по всей поверхности кожного покрова птицы (*Cloete et al., 2006*).

Количество перьевых фолликулов на 1 дм<sup>2</sup> (плотность расположения «узелков») рассматривают в качестве дополнительного критерия оценки качества кожи страуса различного назначения. Плотность расположения перьевых фолликулов в целом уменьшается по направлению к вентральной части шкуры: чем ближе к средней линии брюшины, тем меньше. Самая высокая плотность «узелков» отмечена по средней линии хребтовой части

шкура (58,0 ± 12,2 шт./дм<sup>2</sup>), а наименьшая - в области бедер (28,0 ± 6,4 шт./дм<sup>2</sup>) (Cloete et al., 2006).

Результаты исследований южноафриканских ученых (Meyer et al., 2004) свидетельствуют об изменении текстуры фактурной поверхности шкура страуса под влиянием возраста. Уменьшение плотности расположения «узелков» с увеличением возраста страуса связано с тем, что количество узелков перьевых фолликулов на каждой шкуре постоянно. С другой стороны, размер шкура зависит от роста страуса, который увеличивается с возрастом птенцов. Поэтому ожидаемо уменьшение плотности расположения «узелков» по мере роста страуса и соответственно увеличения площади шкура.

На фактурные особенности шкур влияют гендерные характеристики страусов: у самцов перьевые фолликулы больше, а их форма лучше, чем у самок. Средний размер «узелков» на шкурах самцов несколько выше (3,68 ± 0,03 мм), чем у самок (3,62 ± 0,03 мм), но плотность их расположения не зависит от пола (Meyer et al., 2004). Плотность расположения перьевых фолликулов уменьшается с увеличением веса особи (табл.2).

Таблица 2

Влияние возраста и веса страусов на текстуру шкур (n=524)  
(Van Schalkwyk, 2008)

Параметры перьевых фолликул	Возрастные и весовые категории страусов			
	Молодые		Зрелые	
	Легкие	Тяжелые	Легкие	Тяжелые
Количество шт. на 1 дм <sup>2</sup>	67,6 ± 2,0	51,1 ± 2,1	51,8 ± 2,1	40,5 ± 2,1
Диаметр, мм	3,34 ± 0,10	3,48 ± 0,11	3,44 ± 0,11	4,03 ± 0,11

В настоящее время из показателей текстуры кожи страуса существенное значение для определения стоимости шкур имеет только размер перьевых фолликулов, который достигает приемлемых для рынка значений при достижении возраста птиц не менее 12-14-ти месяцев.

Отмеченная неоднородность эстетических свойств кожи страуса по топографии предполагает необходимость разработки конкретных требований к показателям качества полуфабриката страуса с учетом назначения изделий. Разработка определенных требований в рамках обувной, кожгалантерейной и швейной промышленности позволит формировать производственные партии однородных по эстетическим свойствам шкур страуса, соответствующих ожиданиям дизайнеров и конечного потребителя.

Однако для удовлетворения эстетических требований к изделиям различного назначения, включая одежду, обувь, ремни, необходимо отбирать шкура с заданной плотностью расположения или размером перьевых фолликулов. Специалистами отмечается высокая трудоемкость и неточность субъективной оценки размера перьевых фолликулов (Meyer et al.,

2004), что обуславливает актуальность поиска методов объективной оценки размера, формы и плотности расположения «узелков» на коже страуса.

Для измерения оптического представления о рельефной текстуре кожи страуса предлагается использовать мурусометрический 3D сканер, основанный на управляемом освещении изучаемой поверхности и детектировании отраженного луча (Петросова, Андреева, 2015).

Освещающий луч может отражаться, рассеиваться и поглощаться поверхностью кожи, поэтому для его анализа целесообразно применять различные измерительные инструменты, чувствительные к оптическим характеристикам, в том числе текстуре, цвету, шероховатости, блеску, которые могут оцениваться путем сопоставления с разработанной базой данных и нормативами. Отраженный луч можно измерить с помощью видеодетектора, формирующего двумерное изображение светового отклика, представляющего собой преобразование физических свойств поверхности кожи страуса.

Осветительные устройства могут базироваться на полупроводниковых лазерах или вольфрамовых источниках излучения. В качестве инструмента детектирования отраженного луча рекомендуется использовать цифровую видеокамеру, обеспечивающую быстрый захват изображения и аккумулирующую на выходе файл данных с полной информацией об изучаемом объекте. С помощью светофильтра можно визуализировать цвет ответного луча по соответствию отдельных цветов различным длинам волн светового луча.

Оцениваемая кожа страуса фактически имеет криволинейнуюлицевую поверхность благодаря преимущественно выпуклым элементам перьевых фолликулов, форма которых может быть отрицательно искривлена и иметь вогнутость. На основе корреляции между измеренным признаком световых лучей и исследуемым свойством поверхности кожи страуса формируется оптическое представление параметров, заданных пользователем, включая плотность расположения, размер и форму перьевых фолликулов, в количественной или качественной форме, например, очень крупный, большой, нормальный, небольшой, мелкий. Автоматизированная оценка корреляции позволит пользователю мурусометрического 3D сканера получить визуальное виртуальное представление о каждой шкуре, описание и классификацию ее качества.

## Литература

1. Петросова И.А., Андреева Е.Г. Разработка технологии трехмерного сканирования для проектирования виртуальных манекенов фигуры человека и 3D моделей одежды. – М.: РИО МГУДТ, 2015. – 181 с.
2. Сухинина Т.В., Горбачева М.В., Новиков М.В. Полуфабрикат из шкур страуса как материал для кожевенно-обувной промышленности //

Кожевенно-обувная промышленность. – 2014. – № 4. – С. 26-30.

3. Cloete S.W.P., Van Schalkwyk S.J., Engelbrecht A., Hoffman L.C. Genetic variation in nodule size at different sites on the skins of slaughter Ostriches// South African Journal of Animal Science. – 2006. – Vol.36. – No.3. – P.160-164.

4. Engelbrecht A., Hoffman L.C., Cloete S.W.P., Van Schalkwyk S.J. Ostrich leather quality: a review// Animal Production Science. – 2009. – Vol.49. – No.7. – P.549-557.

5. Mellett F.D. Ostrich products// In: *Practical Guide for Ostrich Management and Ostrich Products/* by ed. Smith W.A. – Kentucky: Alltech, 1995. – P.28-44.

6. Meyer A., Cloete S.W.P., Van Wyk J.B., Van Schalkwyk S.J. Is genetic selection for skin nodule traits of ostriches feasible?// South African Journal of Animal Science. – 2004. – Vol.34. – Supp.2. – P.29-31.

7. Van Schalkwyk S.J. Factors affecting ostrich leather traits// PhD thesis, University of Stellenbosch, South Africa, 2008. – 91 p.

8. Von Hoven T.M. Characterization of Alligator, Ostrich and Emu Skins and Comparisons to Traditional Leathers// A Dissertation the degree of PhD, Louisiana State University, 2002. – 111 p.

## **О МЕТОДИКЕ ОЦЕНКИ ПРЯДИЛЬНОЙ СПОСОБНОСТИ ДЛИННОГО ТРЕПАНОГО ЛЬНОВОЛОКНА**

*Дягилев А.С., Бизюк А.Н., Коган А.Г.*

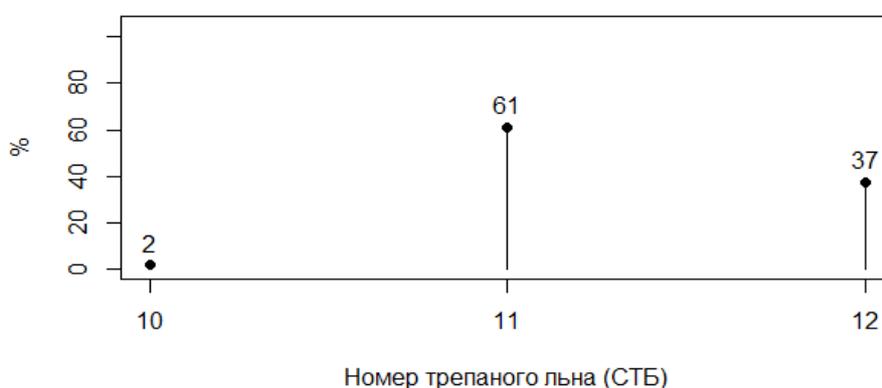
**Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь**

Качество длинного трепаного льноволокна характеризуется его прядильной способностью, оцениваемой согласно методике, изложенной в действующих нормативных актах Республики Беларусь и Российской Федерации [1, 2], которая была ГОСТирована в СССР. С помощью номера волокна оценивается номер гипотетического продукта прядения, который можно получить из данного волокна. Таким образом, чем выше номер продукта, тем выше его прогнозируемая прядильная способность и меньше линейная плотность пряжи, которую можно из него получить.

В связи с меняющимися климатическими условиями, культивированием новых сортов льна, использованием новых видов удобрений и химикатов меняются вероятностные распределения физико-механических свойств льноволокна и, как следствие, его прядильная способность. Это приводит к увеличению числа случаев несоответствия качественных показателей длинного трепаного льноволокна, чесаного льноволокна и льняного очеса требованиям отраслевых норм [3], т.к. не подтверждению оценки прядильной способности длинного трепаного льноволокна, сделанной согласно стандартам [1, 2].

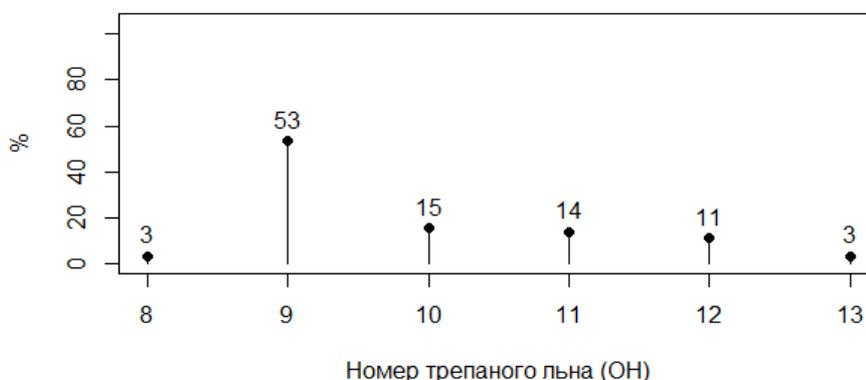
В производственных условиях РУПТП «Оршанский льнокомбинат», крупнейшего льноперерабатывающего предприятия в Восточной Европе, согласно стандарту [1] была проведена серия из 200 контрольных прочесов на льночесальной машине Ч-302-Л, агрегированной с автоматической раскладочной машиной АР-500-ЛЗ, и согласно отраслевым нормам [4] определены фактические значения номеров длинного трепаного льноволокна.

Распределение номеров (показателей качества) длинного трепаного льноволокна, участвовавшего в контрольных прочесах, определено согласно стандарту [1] и соответствует распределению номеров, перерабатываемых на второй фабрике РУПТП «Оршанский льнокомбинат», приведено на рис. 1.



**Рис. 1. Распределения качественных характеристик (номеров) длинного трепаного льноволокна при контрольных прочесах согласно стандарту [1]**

Согласно требованиям отраслевых норм [3], устанавливающих нормы выхода и качественные показатели чесаного льноволокна и льняного очеса при переработке длинного трепаного льноволокна, был произведен перерасчет значений номеров длинного трепаного льноволокна в соответствии с результатами контрольных прочесов (рис.2).



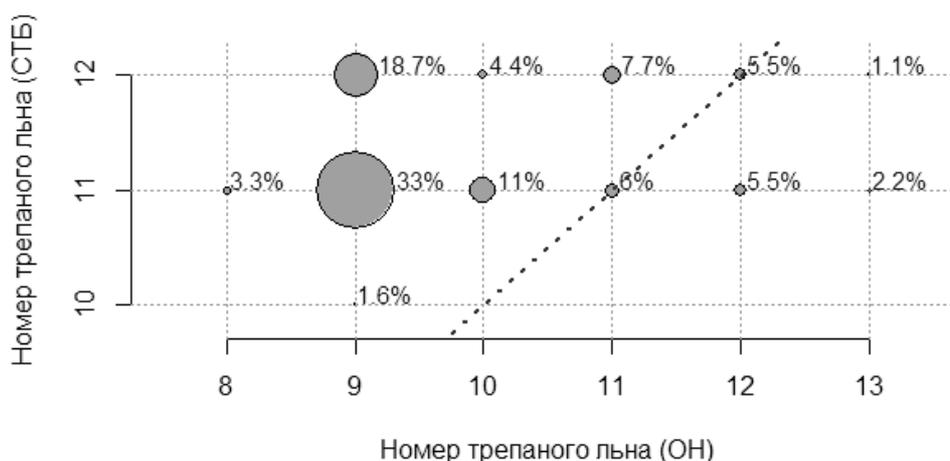
**Рис.2. Распределения качественных характеристик (номеров) длинного трепаного льноволокна при контрольных прочесах согласно отраслевым нормам [3]**

Как видно из рис. 2, больше 50% переработанного в результате контрольных прочесов длинного трепаного льноволокна, согласно отраслевым нормам, соответствует номеру 9 и ниже. Это не соответствует требованиям РУПТП «Оршанский льнокомбинат», приобретающего длинное трепаное льноволокно не ниже 10 номера.

Согласно критерию Колмогорова-Смирнова отвергается нулевая гипотеза ( $p\text{-value} < 2.2 \cdot 10^{-16}$ ) об общем вероятностном законе распределения качественных характеристик (номеров) длинного трепаного льноволокна, определенных согласно методики действующего СТБ (рис. 1), и соответствующих отраслевым нормам (рис. 2).

На рис. 3 приведено совместное распределение номеров длинного трепаного льноволокна, определенных в соответствии с действующим стандартом (СТБ) и отраслевыми нормами (ОН).

Пунктирная линия на рис. 3 соответствует совпадению показателей качества, определенных в соответствии с действующим стандартом и отраслевыми нормами. Как видно из рис. 3, в результате проведенных контрольных прочесов только в 20,3% случаев обеспечивались качественные характеристики чесаного льноволокна и льняного очеса не ниже требований, заложенных в отраслевые нормы.



**Рис. 3. Совместное распределение номеров длинного трепаного льноволокна, определенных в соответствии с действующим стандартом (СТБ) и отраслевыми нормами (ОН)**

Методика оценки прядильной способности длинного трепаного льноволокна, изложенная в действующей на сегодняшний день нормативной документации, не обеспечивает требуемую точность оценки и нуждается в пересмотре. Наиболее точную оценку качества длинного трепаного льноволокна можно получить с помощью его контрольной переработки, однако, это самый экономически затратный способ, требующий достаточно длительного времени. В связи с этим является актуальной задача разработки новой методики оценки (прогнозирования) прядильной способности

длинного трепаного льноволокна, которую разрабатывают авторы данной статьи.

### Литература

1. СТБ 1195-2008 Волокно льняное трепаное длинное. Введ. 2008-04-30. – Минск : Госстандарт Республики Беларусь 2008. – 30 с.
2. ГОСТ 10330-76 Лен трепаный. Введ. 1989-01-01. – Москва : Издательство стандартов 1989. – 23 с.
3. Отраслевые нормы и нормативы расхода льняного сырья (смеси его с химическими волокнами) в прядении, расхода пряжи на производство ниток и крученой пряжи, отходов в ткачестве и отделке льняных (смешанных) тканей / Научно-исследовательское республиканское унитарное предприятие “Центр научных исследований легкой промышленности” РУП “Центр научных исследований легкой промышленности” – Минск, 2011. – 29 с.
4. *Дягилев А.С., Бизюк А.Н., Коган А.Г.* Оценка прядильной способности длинного трепаного льноволокна // Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2015. – № 28. – С. 61.
5. *Дягилев А.С., Бизюк А.Н., Коган А.Г.* Исследование качественных характеристик белорусского длинного трепаного льноволокна урожая 2013 года // Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2014. – № 27. – С. 31.

## **ВОЗМОЖНОСТИ РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА ОБУВИ С ПОМОЩЬЮ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ**

*Антимонова И.Н., Карабанов П.С., Потушинская Е.В.*  
Новосибирский технологический институт (филиал) МГУДТ, Россия

Качество продукции формируется в процессе разработки и производства, а оценивается при эксплуатации, когда она поступает в пользование потребителям. Контроль качества осуществляется путем сравнения запланированных характеристик с действительными значениями. В свою очередь, если качество можно запланировать, то им можно и управлять. Собственно контроль качества, например, процесса производства обуви состоит в том, чтобы обнаружить отклонение показателей от запланированных значений. В случае обнаружения какого-либо отклонения изготовитель ищет причину его появления и осуществляет корректировку процесса. Затем вновь производится проверка соответствия показателей установленным нормам. По такому непрерывному циклу ведется управление и

обеспечение требуемого качества с целью дальнейшего его улучшения по так называемому циклу PDCA (Plan-Document-Check-Action) [1].

Технологический процесс изготовления обуви при процессном подходе к управлению качеством продукции на производстве представляет собой комплексную систему формирования показателей качества готовой обуви. Выявление «узких мест» в процессе производства с помощью методов математической статистики позволит оценить качество на любом этапе производства. Кроме того, в случае процессно-системного подхода к оценке качества обуви можно контролировать стабильность и точность технологического процесса (ТП). Методы математической статистики, выстроенные при оценке качества в определенной последовательности, позволят специалистам иметь в руках надежный инструмент регулирования технологического процесса и обеспечить его надежность [2].

Многие из современных статистических методов управления качеством довольно сложны для широкого применения. В то же время статистические методы контроля качества достаточно просты и понятны для их использования [3]. При всей своей простоте эти методы позволяют сохранить связь со статистикой и дают возможность пользоваться полученными результатами. Последовательность применения методов может быть различной в зависимости от цели, которая поставлена перед системой. При этом применяемая система оценки не обязательно должна включать все семь инструментов оценки качества. В некоторых случаях достаточно графического представления данных (графики, диаграммы), в других – необходим более глубокий анализ или сравнительная характеристика показателей субъекта оценки (диаграммы Парето, контрольные карты, причинно-следственные диаграммы) [4].

С целью систематизации видов производственного контроля и принимаемых решений нами разработана общая схема оценки качества обуви на этапах жизненного цикла продукции (ЖЦП), представленная на рис. 1.

Данные, полученные при выборочном контроле, дают возможность принять решение о наличии отклонений ТП и его подготовки. В свою очередь узкие места в ЖЦП (в том числе и ТП), обнаруженные на стадии выборочного мониторинга, предполагают дальнейшие корректирующие воздействия на процессы или на параметры продукции.

Анализ видов контроля обуви, применяемых на обувных предприятиях, показал, что 100-процентный финишный контроль не исключает появления дефектов обуви на постпроизводственной стадии – стадии потребления.

Одним из основных факторов, определяющих исполнение эксплуатационных показателей продукции, является точность функциональных параметров. В соответствии с классификацией дефектов (критический, значительный, малозначимый) устанавливается три группы нормативов [5, 6]. Как показывает анализ, проведенный специалистами [7, 8], к первой

группе дефектов может относиться до 5 % от общего количества параметров, ко второй – до 15-20 %, к третьей – до 60-80 %.



Рис. 1. Общая схема оценки качества обуви

Именно параметры первой и второй групп в первую очередь подлежат статистическому анализу на точность и стабильность.

Таким образом, на первом этапе происходит сбор и регистрация данных. Для получения статистического ряда необходимо не только ранжировать статистический материал, но и подвергнуть его дополнительной обработке, объединив одни и те же значения в группы. При этом следует помнить, что полученные выборочные данные являются случайными. Изменение фиксируемых значений случайной величины может быть дискретным или непрерывным. Это имеет принципиальное значение, так как распределение дискретных и непрерывных величин описывается различными законами [4].

Исходя из изложенного, мы предлагаем с целью контроля качества использовать контрольные листки (как первый инструмент), в которых фиксируются полученные при наблюдениях данные. На их основе можно построить графики и диаграммы для сравнительного анализа. Данные могут быть сгруппированы и подвергнуты дальнейшей статистической обработке с помощью различных экспертных оценок. По полученным результатам обработки проводится анализ стабильности и точности процессов.

Состояние технологического процесса характеризуется суммарной погрешностью, возникающей вследствие действия причин случайного и систематического характеров. Рассеивание значений параметров из-за наличия указанных погрешностей с достаточной степенью адекватности может быть аппроксимировано нормальным законом распределения, который

характеризует распределение генеральной совокупности, образуемой множеством значений параметров анализируемого технологического процесса. Источником информации о фактическом распределении при этом служит выборка объемом  $n$  единиц продукции, по которой экспериментальное распределение рассчитывается в качестве оценки теоретического распределения [9].

Оценками параметров теоретического распределения являются статистические характеристики:

- выборочное среднее арифметическое  $X$  в качестве оценки математического ожидания  $M$ ;
- выборочное среднее квадратичное отклонение  $S$  в качестве оценки  $\sigma$ .

Для характеристики рассеивания может также использоваться размах  $R$ , рассчитываемый как разность между максимальным и минимальным значениями параметров при выборке.

Для более точной оценки соответствия распределения параметров в выборке распределению параметров в генеральной совокупности предусматривается проверка по критериям согласия.

Другим методом, характеризующим стабильность и точность технологического процесса, является построение контрольных карт по данным наблюдений за параметрами продукции. Виды контрольных карт предусмотрены нормативной документацией [10]. Контрольные карты, построенные по одному из признаков (количественному или альтернативному), дают возможность установить стабильность технологического процесса. Это достигается с помощью определения границ регулирования и полей допуска наблюдаемых характеристик продукции.

Оценка точности и стабильности технологических процессов производится с использованием полученных выборочных статистических характеристик  $X$  и  $S$  путем распределения показателей – коэффициентов точности  $K_m$ , настроенности  $K_n$  и стабильности  $K_c$  через сопоставление их с установленным в НД полем допуска на параметр [4]. Коэффициенты точности и стабильности технологических процессов рассчитываются по следующим формулам:

- коэффициент точности

$$K_m = 6S/\delta \leq 1, \quad (1)$$

- коэффициент настроенности

$$K_n = \frac{\bar{x} - \delta}{\delta} \rightarrow 0, \quad (2)$$

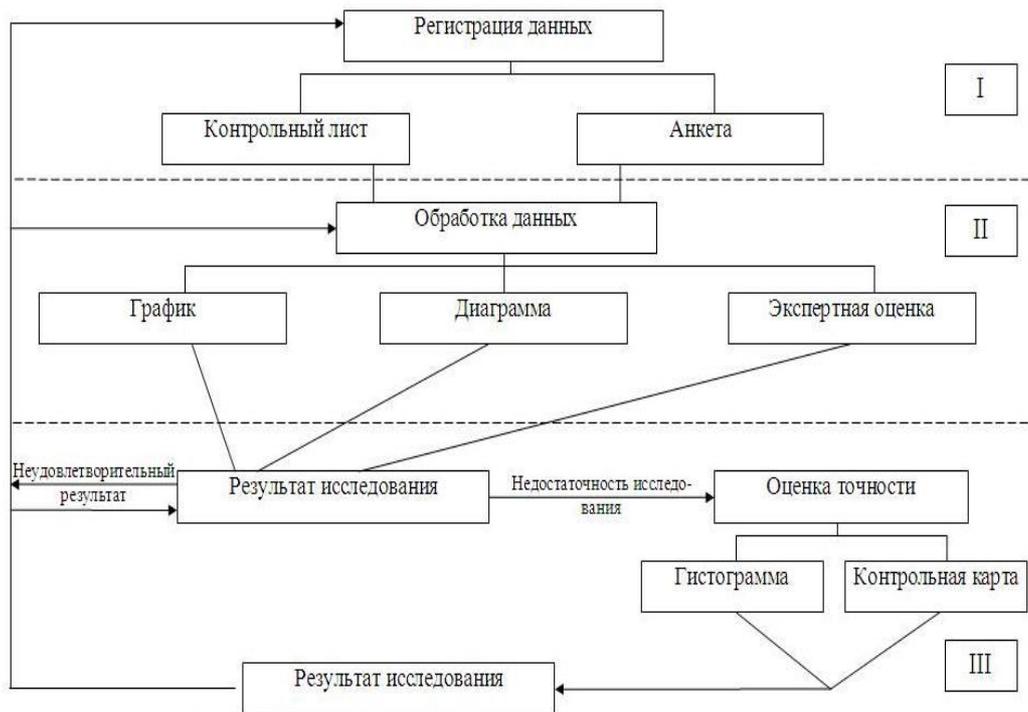
- коэффициент стабильности

$$K_c = \frac{S_{t_1}}{S_{t_2}} \rightarrow 1, \quad (3)$$

где  $\delta$  – поле допуска на параметр;  $x_\delta$  - середина поля допуска, равная  $\delta/2$ ;  
 $S_{t_1}$  – среднее квадратичное отклонение в фиксированный момент времени  $t_1$ ;  $S_{t_2}$  – среднее квадратичное отклонение в фиксированный момент времени  $t_2$ .

Таким образом, формирование системы показателей для оценки стабильности и точности технологического процесса определяется критериями статистических характеристик и целью оценки. Последовательность применения статистических методов определяется их целесообразностью в различных ситуациях.

Вышеизложенные подходы позволяют обосновать построение алгоритма оценки с применением методов математической статистики и инструментов контроля качества, который представлен на рис.2.



**Рис. 2. Схема оценки стабильности и точности технологического процесса**

### Литература

1. Гдудкин О.П., Горбунов Н.М., Гуров А.И., Зорин Ю.В. Всеобщее управление качеством. М.: Горячая линия – Телеком. – 2001. – 600 с.
2. Альперин Л. Качество продукции XXI – задача молодых // Стандарты и качество – 2001. – № 5-6. – С.23-26.

3. *Норрис Р.* Система классификации механизма отказов / Обеспечение качества на фирмах США. – М.: Издательство стандартов. – 1970. – 116 с.

4. Рекомендации по оценке точности и стабильности технологических процессов (оборудования) / Р-50-601-20-91. – М.: ВНИИС. – 1991. – 26 с.

5. ГОСТ 28371-89 «Обувь. Определение сортности».

6. ГОСТ 27438-87 «Обувь. Термины и определения пороков».

7. *Воронов Н.Ф.* Классификация дефектов обуви // Кожевенно-обувная промышленность. – 2001. – № 4. – С.14-15.

8. *Зырина М.А.* Статистический анализ дефектов обуви в процессе производства / Кожевенно-обувная промышленность. – 1985. – № 2. – С.12.

9. *Жулинский С.Ф., Новиков Е.С., Поспелов В.Я.* Статистические методы в современном менеджменте качества / Москва/ Фонд «Новое тысячелетие». – 2001. – 208 с.

10. ГОСТ Р 50779.42-99. Статистические методы. Контрольные карты Шухарта. Введ. 01.01.2000 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/gost-r-50779-42-99>.

## **ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПОЛОТЕН, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЗАЩИТНОЙ ОДЕЖДЫ РАБОТНИКОВ ВЕТСЛУЖБ**

*Шустов Ю.С., Царева Д.Е.*

**Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия**

Нетканые материалы все более широко применяются в медицине, способствуя повышению качества оказания медицинских услуг. Особенно перспективны в этом отношении те материалы, свойства которых можно проектировать. Эксперты оценивают нетканые материалы как важный текстильный продукт завтрашнего дня. Это связано с разнообразными полезными свойствами этих материалов. Уже сейчас нетканые материалы могут иметь структуру и свойства ткани и сочетать в себе такие качества как эластичность, мягкость, прочность, дренажные, мембранные и фильтровальные свойства, водонепроницаемость, повышенная впитывающая способность, негорючесть, бактериостатичность и др. Нетканые материалы обладают и преимуществами эксплуатационно-экономического характера. Они характеризуются высокой износостойкостью (в пять раз выше, чем тканые материалы), рентабельностью, возможностью формирования полотен с заданными свойствами, преимуществами сочетания «прочность-масса» (в сравнении с ткаными или вязаными материалами той же массы).

В качестве объектов исследования взяты девять образцов защитной одежды работников ветслужб, изготовленных из нетканых полотен медицинского назначения и полученных при помощи термоскрепления.

Структурные характеристики исследуемых нетканых материалов приведены в табл.1.

Таблица 1

Структурные характеристики

Название	Обозначение размера	Образец								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Название		Ме-ди-ка-1	DuPont-1	Ме-ди-ка-2	Ме-ди-ка-3	Ме-ди-ка-4	Ме-ди-ка-5	Ме-ди-ка-6	Ме-ди-ка-7	DuPont-2
Толщина	b, мм	0,19	0,27	0,15	0,24	0,17	0,29	0,25	0,15	0,16
Поверхностная плотность	M <sub>1</sub> , г/м <sup>2</sup>	30	55	12	35	30	30	40	20	40
Средняя плотность полотна	δ <sub>т</sub> , мг/мм <sup>3</sup>	0,16	0,20	0,07	0,15	0,17	0,10	0,16	0,13	0,25
Заполнение по массе	E <sub>м</sub> , %	12,3	15,4	5	11,3	13,0	7,9	12,3	10	19,2
Заполнение объемное	E <sub>v</sub> , %	26,7	33,3	10,8	24,7	28,3	17,2	53,3	21,7	41,7
Объемная пористость	R <sub>v</sub> , %	73,4	66,7	89,2	75,3	71,7	82,8	46,7	78,3	58,3
Поверхностная обработка			про-рези-нивание			ла-ми-ни-рова-ние			ла-ми-ни-рова-ние	ла-ми-ни-рова-ние

Рассматриваемые нетканые материалы состоят из полипропиленовых волокон (ПП), скрепленных при помощи термоскрепления. Страна-производитель – Россия.

Для исследования структуры и поверхности полотен после замачивания в натрия хлориде 0,9 %. Раствор имитирует мочу и кровь животных.

Определение водоупорности, водопроницаемости, водопоглощения и гигроскопичности проводилось в соответствии с ГОСТ 3816 «Полотна текстильные. Методы определения гигроскопических и водоотталкивающих свойств».

Определение воздухопроницаемости проводилось в соответствии с ГОСТ 12088-77 «Материалы текстильные и изделия из них. Метод определения воздухопроницаемости».

Определение поглощения грязи проводилось по принципу методики определения водоёмкости и водопоглощения (ГОСТ 3816). Для этого вырезают образцы размером (5×5) см. Пробу взвешивают на торсионных весах с погрешностью не более 0,005 г, затем погружают в сосуд с грязевым

раствором. Раствор грязи берется в расчете 1:1 (одна часть сухой грязи, равная 100 мл, и одна часть воды 100 мл). Продолжительность погружения пробы 15 мин. Пробу вынимают из сосуда, помещают на фильтровальную бумагу, сложенную в три слоя, покрывают сверху также тремя слоями фильтровальной бумаги и отжимают один раз валиком. После этого пробу высушивают в нормальных климатических условиях в течение 1 часа. Поглощение грязи рассчитывают по приведенной ниже формуле.

$$B_{\text{пл.}} = \frac{m_{\text{г.г.}} - m_{\text{г.}}}{m_{\text{г.}}} \times 100\%$$

где  $m_{\text{г.г.}}$  - масса высушенной пробы с грязью,  $m_{\text{г.}}$  - масса пробы без грязи.

Определение грязепроницаемости проводилось методом оценки водоупорности материалов — методом кошеля. Метод определения грязепроницаемости состоит в том, что в подвешенную пробу наливают грязевой раствор 1:1 (одна часть сухой грязи равная 0,25 мл и одна часть воды 0,25 мл) до высоты Н. Грязепроницаемость определяют по времени с момента наполнения кошеля грязью до момента просачивания третьей капли или по максимальной высоте слоя грязи, при которой материал не пропускает грязь в течение 24 ч.

Проницаемость крови и мочи животных определяется по принципу метода кошеля для определения водопроницаемости в соответствии с ГОСТ 3816.

Основные физические характеристики полотен, предназначенных для изготовления защитной одежды работников ветслужб, представлены в табл.2.

Таблица 2

Физические характеристики

Наименование показателя	Образец								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Водоупорность, мм. вод. ст.	9	83	6	34	90	31	31	90	100
Водопроницаемость, мл	100	0	99	6	0	0	0	0	0
Водопоглощение, %	24	4	35	2	2	4	7	2	2
Гигроскопичность, %	21	1	17	2	8	3	8	4	26
Воздухопроницаемость, дм <sup>3</sup> /м <sup>2</sup> ·с	815	0	795	194	0	340	84	0	0
Поглощение грязи, %	340	24 3	103 2	191	170	95	104	212	228
Грязепроницаемость, мл	1	0	0	0,3	0	0	0	0	0
Проницаемость крови и мочи животных, мл	99	0	99	7	0	0	0	0	0
Электрическое сопротивление до обработки натрием хлоридом, 10 <sup>11</sup> Ом	200	10	150	900	200	150	200	200 0	0,48
Электрическое сопротивление после обработки натрием хлоридом, 10 <sup>11</sup> Ом	20	60	200	60	200	0,02	16	200	2,6

Можно отметить, что после обработки величина электрического сопротивления снижается у прорезиненных образцов, а у необработанных - повышается, что связано с растворением пропитки.

Недостатком костюма, изготовленного из полотна 9, является воздухопроницаемость, равная нулю, что создает парниковый эффект под одежным пространством, и снижает комфорт изделия в носке. Однако данный образец имеет наилучшую водоупорность, плохо впитывает грязь.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МЕТОДИКИ ИСПЫТАНИЙ ГЕОТЕКСТИЛЬНЫХ ПОЛОТЕН НА ИСТИРАНИЕ**

*Гойс Т.О., Матрохин А.Ю.*

**Ивановский государственный политехнический университет, Россия**

Стойкость к истиранию определяет степень повреждаемости геотекстильных материалов в процессе физико-механических воздействий при динамическом контакте с абразивом.

В качестве базовой методики испытания геотекстильных полотен на истирание приняли стандартный метод [1]. В реализации методики используется универсальный аппарат для истирания по плоскости типа FF-21. Он служит для истирания эластичных плоских листов – главным образом, текстиля, путем их трения друг о друга или о другой истирающий материал. Одна из плоскостей является пробной, а вторая – истирающим материалом. Разные абразивы дают разный характер износа и для испытания следует выбирать абразив, воздействие которого на материал более похоже на износ данного изделия в условиях эксплуатации [2]. При подготовке нижнего зажима подобрана подложка из фетра (поверхностная плотность 500г/м<sup>2</sup>, 70% шерсти, 30% вискозы, толщина 2,5 мм), которая используется в качестве вспомогательного материала для держателя. Затем выкроен истирающий материал по внутреннему радиусу нижнего зажимного кольца. На этапе подготовки верхнего зажима в него заправлен испытываемый образец и подкладочный материал – фетр, согласно инструкции к прибору. После проведения подготовительных операций все три истирающих узла подвергаются предварительной нагрузке. Прибор предусматривает три варианта движения истираемого образца: прямое, круговое и движение по фигуре Лиссажу. В данном исследовании выбран вариант движения по фигуре Лиссажу. Траектория движения по фигуре Лиссажу изменяется от округлости к постепенно сужающимся эллипсам, пока не перейдет в линию, из которой интенсивно расширяющиеся эллипсы развиваются в диагонально противоположных направлениях, пока модель снова не повторится. Полный единичный цикл испытания включает 16 вращений двух внешних приводов и 15 вращений внутреннего привода истирающего устройства.

Согласно работе [1] испытание продолжают до достижения окончания первого этапа оценки истирания. Далее программа испытаний предусматривает до шести этапов с соответствующим количеством единичных циклов (табл.1).

Таблица 1

Программа испытаний на истирание

Тип абразива	Нагрузка, г	Этапы оценки	Число циклов
Сама ткань (лицевой стороной к лицевой) или шерстяная ткань	415 ± 2	1	125
		2	500
		3	1000
		4	2000
		5	5000
		6	7000

После каждого этапа воздействие приостанавливают и проводят визуальное исследование всей поверхности образца на наличие разрушений. Критериями разрушения образца являются, в т.ч.: разрыв двух отдельных нитей (для тканых полотен), обрыв одной нити, приводящий к образованию дыры (для трикотажных полотен), полное выпадение ворса (для ворсовых полотен) и др. Недостатком стандартного метода является применение субъективной визуальной оценки наличия и степени разрушения образца по предлагаемым критериям. Кроме того, формулировка критериев не дает полной картины поведения полотен в процессе истирания.

В рамках данного стандартного метода предлагается дополнить процесс истирания процедурой получения изображений образца с целью:

- а) сохранения документальных свидетельств результата истирания;
- б) исключения субъективного влияния контролера за счет дальнейшего автоматизированного анализа полученных изображений.

Перед тем как приступить к непосредственному истиранию, необходимо получить цифровое изображение подготовленного исходного образца (рис. 1), перенесенного на штатный предметный столик прибора, имеющий поверхность контрастного цвета по отношению к образцу.

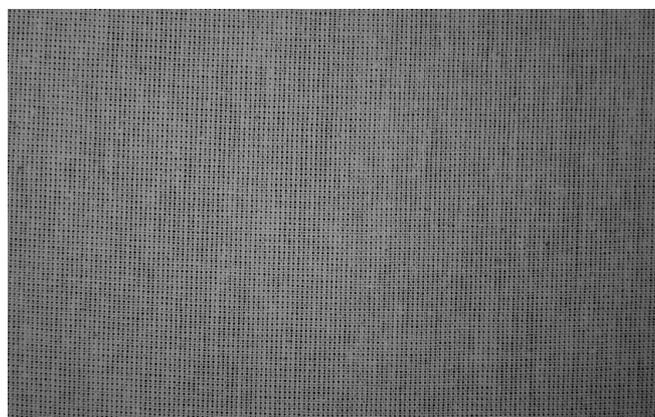


Рис. 1. Цифровое изображение подготовленного исходного образца

Съемку осуществляли с помощью фотокамеры NIKON COOLPIX P7700 с разрешением 600 dpi. Важно, чтобы фотокамера была сориентирована вдоль одной из систем нитей (например, основы).

Следующий снимок выполняют после завершения первого этапа испытаний. Для этого пробу вместе с нижним зажимным кольцом извлекают из узла истирания и помещают, не нарушая условий натяжения, на контрастную поверхность штатного столика для дальнейшего получения цифрового изображения (рис. 2).



**Рис. 2. Цифровое изображение образца после завершения первого этапа испытаний**

После получения изображения держатель с образцом возвращают на место в то же самое положение, при котором он был извлечен, и при необходимости продолжают испытание. Аналогично оценивают процесс истирания (фотографируют пробу) после каждого последующего этапа истирания, пока не наступит момент разрушения.

Оценивать устойчивость материала к истиранию можно на различных стадиях испытания. Для получения сопоставимых результатов необходимо, чтобы для всех сравнимых материалов был единый критерий оценки. Таким образом, техническая задача состоит в разработке компьютерной программы, которая позволит расширить функциональные возможности количественной оценки разнообразных изменений внешнего вида геотекстильных полотен за счет применения дополнительных информационных признаков.

#### Литература

1. ГОСТ Р ИСО 12945-2-2012. Материалы текстильные. Определение способности текстильных полотен к образованию ворсистости и пиллингу. Часть 2. Модифицированный метод Мартиндейля.

2. Бузов Б.А., Алыменкова Н.Д., Петропавловский Д.Г. Практикум по материаловедению швейного производства. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 416 с.

## ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ КОСТЮМНЫХ ТКАНЕЙ ПО ОДНОЦИКЛОВЫМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ РАСТЯЖЕНИЯ

*Замышляева В.В., Смирнова Н.А.*

Костромской государственной технологической университет, Россия

Технологичность тканей – способность к переработке в качественное швейное изделие. Технологичность костюмных тканей в значительной степени определяется их способностью к сохранению линейных размеров при растяжении. При изготовлении и эксплуатации на одежду воздействуют небольшие по величине кратковременные нагрузки. В связи с этим сведения об общей деформации костюмных тканей и её составных частях в условиях кратковременных нагрузок актуальны.

В качестве объектов исследований выбраны костюмные ткани из разных ассортиментных групп: камвольные, льняные и ткани из химических волокон (табл. 1). Костюмные ткани современного ассортимента выбраны разных мелкоузорчатых переплетений (шесть тканей) и одна – сложного.

Таблица 1

Характеристики строения костюмных тканей

№	Переплетение	Волокнистый состав		Поверхностная плотность, г/м <sup>2</sup>	Линейная плотность, текс		Количество нитей на 10см	
		Основа	Уток		основа	уток	основа	уток
1	Креповое	Лен		206	38x2	38x2	150	150
2	Саржа 2/2	Лен		185	56	60	186	186
3	Саржа 3/3	Лен		278	118	76	153	172
4	Саржа 2/2	Шерсть		245	23x2	23x2	314	268
5	Мелкоузорчатое	Шерсть		280	23x2	23x2	350	270
6	Мелкоузорчатое	ПЭ-63%, ВВис-37%	ПЭ-63%, ВВис-34%, ПУ-3%	170	20x2	24x2	132	167
7	Сложное	ПЭ		260	25	25	860	300

Камвольные ткани являются классическими для изготовления костюмов. Синтетические ткани в настоящее время широко используются для производства изделий костюмной группы. Для летнего ассортимента костюмов популярными остаются льняные ткани, которые обладают уникальными свойствами и удовлетворяют гигиеническим требованиям.

Исследования проводились на разработанном в КГТУ автоматизированном устройстве [1] методом колебаний системы «проба-груз» в условиях кратковременных нагрузок [2], что соответствует фактическим ус-

ловиям изготовления и эксплуатации швейных изделий. Устройство позволяет проводить измерения при допускаемой основной погрешности, равной 2%. Метрологическая оценка результатов измерений устройства на воспроизводимость и сходимости [3] подтверждает объективность измеряемых показателей деформации.

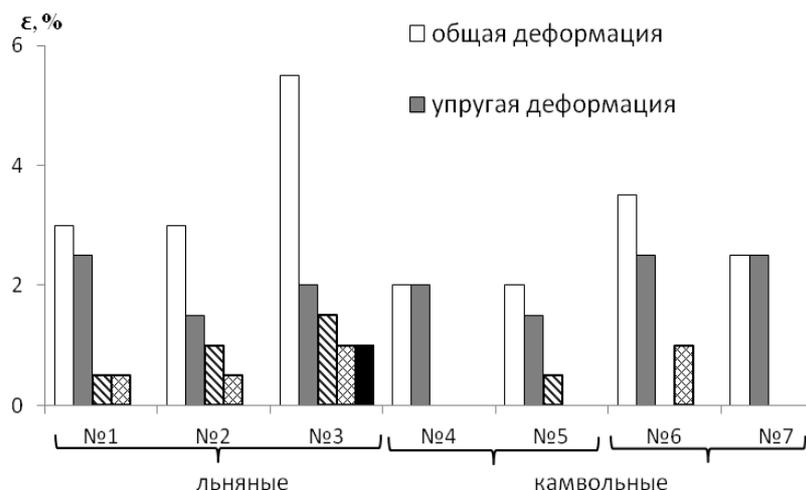
Методика реализует растяжение ткани с помощью подъема и последующего освобождения груза, закрепленного на нижнем конце пробы. После завершения свободных затухающих колебаний системы «проба-груз» регистрируется величина общей деформации, а после снятия груза фиксируется упругая составляющая деформации растяжения. Эластическая деформация определяется после отдыха в климатических условиях [4] в течение двух часов. С целью определения вынужденной эластической деформации пробы подвергаются действию пластификатора. Пластическая деформация определяется как разность между общей и обратимой (упругой, эластической и вынужденной эластической) деформацией. Испытания проводятся при нагрузке 14,7 Н, составляющей порядка 10 % от разрывной нагрузки, нормируемой для костюмных тканей. Зажимная длина проб 200 мм, ширина 20 мм.

Исследования общей деформации костюмных тканей и ее составных частей показали, что в зависимости от деформационных свойств при растяжении костюмные ткани целесообразно разделить на три группы по технологичности: низкой, средней и высокой.

Костюмные ткани, деформация которых является обратимой, относятся к высокотехнологичным. Наличие необратимой деформации свидетельствует о низкой технологичности тканей. Ткани средней технологичности обладают вынужденной эластической деформацией, которая проявляется после пластификации. Введение пластификатора позволяет перевести материалы из стеклообразного состояния в высокоэластичное и более точно оценить составные части деформации растяжения костюмных тканей.

Результаты исследований общей деформации растяжения и её составных частей (рис.1) в условиях кратковременных нагружений при нагрузках меньше разрывных показали, что величины общей деформации исследуемых костюмных тканей составляют от 2 до 5,5%. Наибольшую общую деформацию 5,5% имеет льняная ткань № 3, а наименьшую – камвольные ткани.

Наличие пластической деформации у льняной ткани переплетения саржа 3/3 (№ 3) характеризует ее низкую технологичность, обусловленную длинными перекрытиями в переплетении и подвижной структурой. Средняя технологичность характерна для льняных тканей № 1 и № 2. Использование классических креповых переплетений и переплетения саржа 2/2 позволяет обеспечить удовлетворительные технологические свойства льняным костюмным тканям.



**Рис. 1. Деформации костюмных тканей в условиях кратковременных нагрузений**

Камвольные ткани (№ 4, 5) обладают обратимыми деформациями при растяжении и являются высокотехнологичными.

Высокие упругие свойства полиэфирных волокон обеспечивают тканям из химических волокон технологичность. Повышение степени технологичности достигается сложным переплетением (№ 7).

### Выводы

1. Исследованы костюмные ткани разного волокнистого состава и различных переплетений в условиях одноцикловых испытаний при кратковременных нагрузениях.

2. Предложена оценка степени технологичности костюмных тканей по составным частям деформации растяжения в условиях кратковременных нагрузений.

### Литература

1. Пат. 72327 РФ. Устройство для определения жесткости текстильных материалов при растяжении / Лапшин В.В., Смирнова Н.А., Замышляева В.В.; заявитель и патентообладатель КГТУ. Оpubл. 10.04.2008. Бюл. № 10.

2. Замышляева В.В. Исследование кинетики деформационных свойств льняных тканей и пакетов одежды // Вестник КГТУ: рецензируемый периодический научный журнал. – Кострома: КГТУ, 2010. – № 23. – С. 47-50.

3. Лапшин В.В. Метрологические характеристики измерительного комплекса для исследования свойств текстильных полотен // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – Иваново. – 2014. – №5. – С. 5-8.

4. ГОСТ Р ИСО 139–2007. Изделия текстильные. Стандартные атмосферные условия для кондиционирования и проведения испытаний. – М.: ФГУП «Стандартинформ», 2007. – Введ. 01.01.2008. – 7 с.

## **ВЛИЯНИЕ СИЛЫ ТОКА НА КОНТАКТНЫЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ В МЕТАЛЛОТРИКОТАЖЕ**

*Кудрявин Л.А., Беляев О.Ф., Заваруев В.А.*

Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

Трикотажные материалы из металлических нитей имеют широкое применение в различных областях техники, в том числе в космической технике в качестве отражающей поверхности (ОП) рефлекторных складных параболических антенн. Источник (одновременно и преемник) электромагнитной волны помещается в фокусе параболы. При передаче сообщения электромагнитная волна от источника падает на ОП, возбуждает в ней довольно большие токи, которые являются источником отраженной от ОП электромагнитной волны. При приеме электромагнитной волны падающая на ОП волна также возбуждает в ней токи, создающие отраженную электромагнитную волну, фокусирующуюся на приемнике. Чем сильнее токи, возникающие в проводниках ОП, тем интенсивность отраженной волны выше.

Чем меньше электрическое сопротивление ОП, тем более сильные токи будут возникать в проводниках ОП при той же интенсивности падающей волны, ее коэффициент отражения будет выше, ОП будет эффективнее. Поэтому отражающая поверхность антенны должна быть выполнена из токопроводящего материала, желательно с минимальным электрическим сопротивлением. На коэффициент отражения ОП могут, в принципе, влиять различные факторы: структура сетки, материал проводников, их диаметр, контактное сопротивление между проводниками и т.п.

Рассмотрим сопротивление металлотрикотажа на примере кулирного трикотажа. Его геометрическая модель с включением электросопротивлений элементов петельной структуры приведена на рис.1а, а на рис.1б — ее упрощенная эквивалентная электрическая схема.

Повторяющийся элемент структуры (петля) выделен на рис.1 штриховым прямоугольником:  $R_d$ ,  $R_{пр}$ ,  $R_{шт}$  — электросопротивления элементов петли соответственно — игольной дуги, протяжки, петельной палочки;  $R_k$  — контактное сопротивление между элементами петельной структуры, имеющее место в точках А и В (рис. 1а) и в аналогичных им точках. При создании упрощенной электрической схемы учли, что точки А и В находятся в трикотаже очень близко и 2 контактных сопротивления в этих точках заменены на одно.

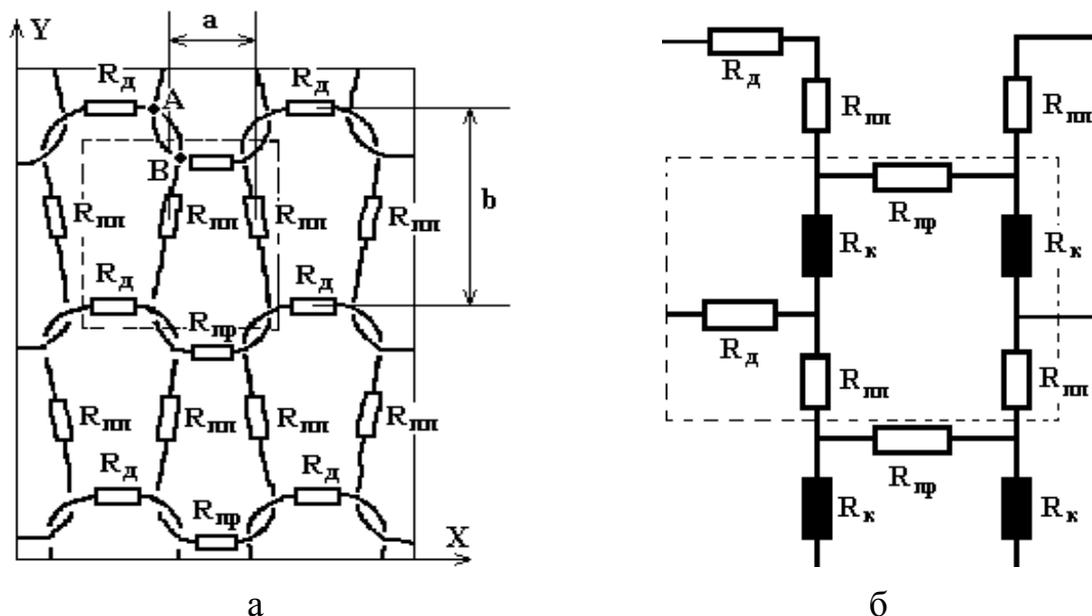


Рис. 1. Геометрическая модель кулирного трикотажа (а) и ее упрощенная эквивалентная электрическая схема (б)

Структура, изображенная на рис.1, по электрическим свойствам эквивалентна тканой сетке, если в ней каждый метр длины проводников, параллельных осям  $Y$  и  $X$ , имеет сопротивление, соответственно равное

$$R_{1y} = (R_k + R_{\text{п}})/b ,$$

$$R_{1x} = [R_{\text{пр}} + R_{\text{д}} + 2R_k \cdot R_{\text{п}} / (R_k + R_{\text{п}})] .$$

Обозначая истинное сопротивление 1 м проводника сетки через  $R_0$  и учитывая, что

$$R_{\text{п}} = R_0 \cdot b, \text{ а } R_{\text{пр}} + R_{\text{д}} = 2a \cdot R_0 ,$$

получим

$$R_{1x} = R_0 + \frac{R_k \cdot R_0 \cdot b}{(R_k + R_0 \cdot b) \cdot a} ; \quad R_{1y} = R_0 + \frac{R_k}{b} .$$

Как видно из последних двух формул, на электрическое сопротивление металлотрикотажа сильное влияние оказывает контактное сопротивление  $R_k$  между элементами структуры, причем наиболее сильное в направлении оси  $Y$ .

Антенны работают на прием, на передачу, а также иногда одновременно на прием и на передачу. Как указывалось выше, при приеме в антенне возникают слабые токи, при передаче – сильные. В связи с наличием в металлотрикотаже контактных сопротивлений, представляло интерес выяснить, зависят ли контактные сопротивления от силы тока в проводниках антенны. С этой целью проведены измерения контактного сопротивления методом вольтметра-амперметра, рекомендованного Хольмом. Схематическое изображение этого устройства дано на рис.2.

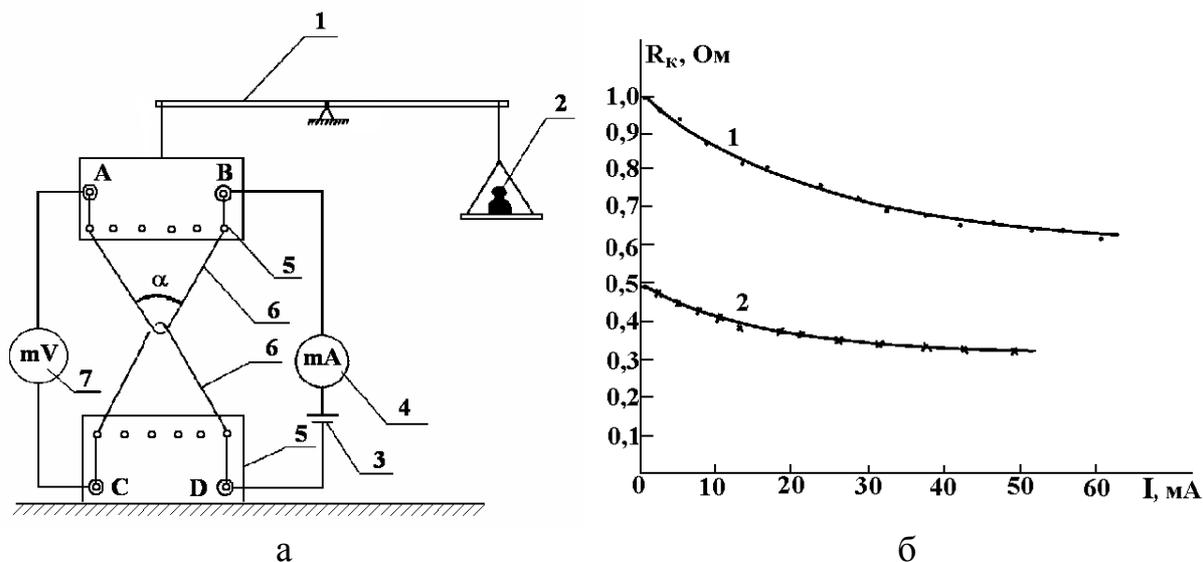


Рис. 2.

а - схематическое изображение устройства для измерения контактного сопротивления (обозначения в тексте);

б - зависимость контактного сопротивления  $R_k$  от силы тока через контакты (стальная микропроволока  $\varnothing 50$  мкм, покрытая никелем, угол  $\alpha = 140^\circ$ ) (1 - контактное усилие 0,07 Н; 2 - контактное усилие 0,19 Н)

Устройство позволяло менять угол  $\alpha$  между ветвями микропроволок. Микропроволоки 6 соединялись в петли с помощью пластин 5 из диэлектрика, дополнительные приспособления на которых позволяли менять угол  $\alpha$  в пределах от  $40^\circ$  до  $140^\circ$ . Верхняя пластина подвешивалась к одному из плеч равноплечих весов 1, нижняя прикреплялась неподвижно к основанию весов. Контактное усилие  $F_k$  задавалось массой грузов, размещаемых в чаше 2 весов. В соответствии с условиями эксплуатации металлических трикотажных сетеполотен нагрузка на микропроволоки доводилась примерно до 0,6 Н (соответствует массе грузов примерно 60 г).

К контактам  $A$  и  $C$  подвижной и неподвижной пластин подключался милливольтметр 7 с большим входным сопротивлением, к контактам  $B$  и  $D$  подключались последовательно соединенные регулируемый источник постоянного напряжения 3 и миллиамперметр 4. Контактное сопротивление рассчитывалось по формуле

$$R_k = U/I,$$

где  $U, I$  - показания милливольтметра и миллиамперметра.

Исследования проводились на стальной нержавеющей микропроволоке диаметром 50 мкм, часто используемой для изготовления ОП. Для каждого контактного усилия исследовалась зависимость контактного сопротивления от силы тока через контакт. Сила тока через контакт менялась изменением напряжения источника 3. Было обнаружено, что с увеличени-

ем силы тока контактное сопротивление уменьшается вначале довольно быстро, а затем все медленнее, приближаясь к некоторому пределу.

Уменьшение контактного сопротивления с увеличением силы тока через контакт указывает на то, что контактное сопротивление определяется, в основном, сопротивлением полупроводящей пленки на микропроводах, например, пленки потускнения. Предел имеет место при сравнительно больших токах.

Рассмотрим, как влияет зависимость контактных сопротивлений от силы тока на величину передаваемого сигнала.

Пусть со стороны источника на ОП падает электромагнитная волна с напряженностью  $E_1$ , зависящей от времени. Под ее действием в проводниках ОП возникает ток, сила  $I_1$  которого прямо пропорциональна  $E_1$  и обратно пропорциональна сопротивлению  $R$  проводников ОП. Этот ток приводит к возникновению отраженной волны с напряженностью  $E_2$ , пропорциональной  $I_1$ , т.е.  $E_2 \sim E_1/R$ . Пусть, например,  $E_1$  увеличивается, что приводит к увеличению силы тока  $I_1$ , уменьшению контактного сопротивления  $R_k$  и к уменьшению общего сопротивления  $R$  проводников ОП. Вследствие этого  $E_2$  будет не пропорциональна  $E_1$ , а будет меняться по более сложному закону – происходит искажение передаваемого сигнала.

Пусть теперь одновременно с передачей идет прием. Будем для простоты считать напряженность  $E_3$  принимаемого сигнала слабым и поэтому не способным повлиять на сопротивление проводников ОП. Этот сигнал возбуждает в проводниках ОП ток, сила которого  $I_2 \sim E_3/R$ . Этот ток вызывает появление электромагнитной волны с напряженностью  $E_4 \sim I_2 \sim E_3/R$ , передаваемой на приемник. Поскольку величина  $R$  зависит от напряженности передаваемого сигнала, то и  $E_4$  будет зависеть от него – происходит модуляция принимаемого сигнала передаваемым сигналом – имеет место т.н. интермодуляция.

Наши дальнейшие исследования показали, что покрытие микропровода никелем, а особенно золотом, практически убирает зависимость контактного сопротивления от силы тока, вследствие чего убираются искажение передаваемого сигнала и интермодуляция.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ТКАНЕЙ ДЛЯ ХАЛАТОВ МЕДИЦИНСКИХ РАБОТНИКОВ**

*Демократова Е.Б., Агафонов К.А.*

Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

В качестве объектов исследования были выбраны 5 вариантов тканей, имеющих хождение на российском рынке и используемых для пошива одежды медицинских работников. Ткани, обозначенные как Ткань 1, Ткань 2 и Ткань 3, выработаны в России из 100% хлопкового волокна. Ткани,

обозначенные как Ткань 4 и Ткань 5, выработаны в Италии и наряду с хлопковым содержат 10% полиэфирного волокна. Кроме того, Ткань 4 содержит 3% эластана.

По данным торговых организаций, у потребителя имеются претензии к качеству данных тканей. Поэтому в работе было принято решение проверить их по показателям качества, наиболее важным для потребителя.

Для этого был проведен экспертный опрос, в ходе которого экспертам предлагалось выбрать наиболее значимые показатели качества тканей для одежды медицинских работников. В качестве экспертов были приглашены конечные потребители (врачи, медсестры и т.д.), которым были разъяснены принятые в текстильном материаловедении наименования показателей. По мнению экспертов, для данного ассортимента изделий собственно защитные показатели малозначимы, т.к. для защиты от биологических жидкостей и других внешних факторов поверх «повседневной» одежды надевается одноразовый халат из нетканого материала, фартук или другое аналогичное изделие. Поэтому, учитывая заявленный состав тканей, в работе было принято решение руководствоваться ГОСТ 29298 «Ткани хлопчатобумажные и смешанные бытовые. Общие технические условия».

Данный стандарт нормирует следующие показатели качества: разрывная нагрузка; стойкость к истиранию по плоскости; изменение линейных размеров после мокрых обработок; устойчивость окраски; воздухопроницаемость; гигроскопичность; электризуемость (для смешанных тканей). После консультаций с экспертами к этому списку были добавлены следующие показатели: драпируемость; несминаемость; растяжимость; туше; художественно-колористическое оформление. Разрывную нагрузку эксперты сочли малозначимым показателем.

Таким образом, список потенциально значимых показателей, предложенный экспертам, имел следующий вид: драпируемость; несминаемость; растяжимость; изменение линейных размеров после мокрых обработок; воздухопроницаемость; стойкость к истиранию; разрывная нагрузка; туше; гигроскопичность; художественно-колористическое оформление; электризуемость; устойчивость окраски.

После обработки результатов опроса было установлено что, определяющими показателями качества являются (в скобках указаны коэффициенты весомости): туше (0,26); воздухопроницаемость (0,24); усадка (0,25) и несминаемость (0,25). Определение этих показателей проводилось по стандартным и типовым методикам. Воздухопроницаемость, усадка и несминаемость определялись по соответствующим национальным стандартам. Туше ткани определяли органолептическим путем. Для этого были приглашены 10 независимых экспертов, им было представлено 5 образцов тканей. Эксперты тактильно оценивали данные образцы и ставили оценки по 20-бальной системе (1 – 5 – плохо, 6-10 – удовлетворительно, 11-15 –

хорошо, 16-20 – отлично). Были также определены структурные характеристики тканей. Результаты представлены в табл. 1.

Характеристика	Ткань				
	1	2	3	4	5
Поверхностная плотность, г/м <sup>2</sup>	143	102	65	117	55
Толщина, мм	0,30	0,30	0,21	0,22	0,16
Средняя плотность ткани, мг/мм <sup>3</sup>	0,48	0,34	0,31	0,53	0,34
Поверхностное заполнение, %	72	59	48	84	56
Воздухопроницаемость, дм <sup>3</sup> /(м <sup>2</sup> ·с)	282	2178	3674	50	222
Усадка, %: по основе по утку	6,5	7,5	7,8	4,3	4,3
	4,5	0,5	3,3	1,5	1,8
Туше, балл	12,3	11,7	7,5	15,5	17,5
Коэффициент несминаемости, %: по основе по утку	45	59	52	82	75
	73	45	80	79	85

Из данных, представленных в табл. 1, можно сделать следующие выводы.

Ткань 4 имеет наименьшую воздухопроницаемость. Это можно объяснить тем, что она отличается наибольшими значениями средней плотности и заполнений. Ткань 3, имеющая наименьшие среди представленных образцов значения этих характеристик, отличается самой высокой воздухопроницаемостью.

Для всех исследованных в работе тканей характерна усадка. При этом усадка по основе превышает усадку по утку.

Наибольшей усадкой по основе характеризуются ткани 2 и 3, имеющие сравнительно разреженную структуру (см. результаты расчета заполнений и определения воздухопроницаемости), а наименьшей – ткани 4 и 5. Наибольшая усадка по основе отмечена для ткани 1, наименьшая – для ткани 2.

У ткани 3 туше значительно хуже, чем у остальных образцов. Наилучшим туше характеризуется ткань 5. Ей несколько уступает ткань 4.

Наименьшей несминаемостью по основе характеризуется ткань 1, а наибольшей – ткань 4. Наименьшей несминаемостью по утку обладает ткань 2, а наибольшей – ткань 5. В целом, ткани 4 и 5 отличаются более высокой несминаемостью, что можно объяснить присутствием в их составе полиэфирного волокна.

Так как в работе не удалось выбрать оптимальную или наихудшую по всем показателям качества ткань, представляется целесообразным проведение комплексной оценки. В настоящей работе комплексные оценки рассчитывались как средняя арифметическая  $K$ , средняя геометрическая  $G$  и средняя арифметическая  $H$ . Так как не для всех показателей качества обнаружены нормы стандарта или другие базовые значения, было принято решение применить непрерывные балловые оценки, приняв  $B_{min}=1$  и  $B_{max}=5$ .

В настоящей работе воздухопроницаемость, несминаемость и туше рассматривались как позитивные показатели качества, а изменение линейных размеров после мокрой обработки – как негативный.

Таблица 2

Комплексная оценка качества исследуемых тканей

Обозначение ткани	Комплексная оценка		
	<i>K</i>	<i>G</i>	<i>H</i>
Ткань 1	1,8	1,7	1,6
Ткань 2	2,6	2,3	2,0
Ткань 3	2,5	2,0	1,6
Ткань 4	3,8	3,2	2,4
Ткань 5	4,0	3,4	2,8

Из данных табл. 2 можно сделать вывод, что наилучшей по всем комплексным оценкам является ткань 5, а наихудшей – ткань 1. Можно отметить, что ткань 5 выделяется наименьшей толщиной и самой высокой оценкой туше. Ткань 1 характеризуется высокой усадкой и низкой несминаемостью.

## **ПРОБЛЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПАКЕТА МАТЕРИАЛОВ БРОНЕОДЕЖДЫ ДЛЯ СОБАК**

*Бунькова Т.О., Арчинова Е.В.*

Новосибирский технологический институт (филиал) МГУДТ, Россия

Собаки служебных и служебно-розыскных пород являются незаменимыми помощниками при патрулировании, розыске, задержании и т.д. Много собак гибнет и получает тяжелые травмы, поэтому необходимо обеспечить максимальную защиту четвероногому бойцу. Ассортимент средств индивидуальной защиты для собак достаточно разнообразен и представлен защитной обувью, комбинезонами, бронежилетами, специальными приспособлениями для локальной защиты. Наибольшее распространение получили бронежилеты.

Представленное в статье исследование направлено на выявление и анализ факторов, определяющих качество пакета материалов бронежилета для собак в целях снижения тяжести запреградной травмы.

Проводимые ранее на кафедре технологии и дизайна швейных изделий НТИ (филиала) «МГУДТ» исследования в данной области позволили выявить целый ряд проблем, связанных с научно обоснованным подбором материалов в пакет бронежилета для собак. Во-первых, документации, регламентирующей процесс проектирования и производства бронеодежды для собак, нет. Поэтому исследователи проводят аналогии с бронеодеждой для людей и лишь вносят необходимые поправки и допуски. Во-вторых,

расчет значений поверхностной энергии заброневого удара позволил сделать вывод, что эффективные средства индивидуальной защиты могут быть разработаны, преимущественно, против короткоствольного оружия. Проводя аналогию между бронежилетами для людей и собак, авторы в данном исследовании подвергли испытаниям пакет бронежилета для собак, соответствующий классу защитной структуры бронеодежды Бр 1.

В качестве объекта исследования рассматривается пакет так называемой мягкой брони. Следует пояснить, что согласно ГОСТ Р 50744-95 «Бронеодежда. Классификация и общие технические требования» по конструктивному исполнению бронеодежду подразделяют на:

- мягкие защитные структуры;
- полужесткие защитные структуры на основе мягких защитных структур с пластинами из твердых броневых материалов;
- жесткие защитные структуры на основе жестких формованных броневых материалов.

Исследуемый в работе пакет бронежилета для собак включает материал верха, мягкую броню и демпферный слой.

Материал верха должен защищать слои мягкой брони от воздействия внешней среды, иметь гладкую плотную фактуру, быть прочным и выполнять эстетические функции. В качестве основного материала выбрана ткань с мембранным покрытием «Климат 3» компании «Чайковский текстиль» (Россия). Нанесение покрытия Membrane на данную ткань производится путем ламинирования гидрофильной мембраной. Структура мембраны придает особые защитные свойства: водоупорность (более 8000 мм вод. столба), паропроницаемость на молекулярном уровне, масло- и водоотталкивание (ткань практически не загрязняется). Ткани с мембранным покрытием «Климат 3» рекомендованы производителем для спецодежды сотрудников, работа которых связана с многочасовым пребыванием под дождем, ветром и снегом. Ткань имеет гладкокрашеную отделку, фактура ровная, плотная.

Мягкая броня представляет собой в данном исследовании пакет из 24 слоев баллистической ткани. В исследуемый пакет выбраны ткани на основе нитей Русар<sup>®</sup>, Русар-С<sup>®</sup> и Русар-SX<sup>®</sup> производимые ООО НПП «Термотекс» совместно с ЗАО «Рахмановский шелковый комбинат» (Россия). Были использованы четыре вида баллистической ткани поверхностной плотностью 110-145 г/кв.м различного переплетения – полотняного, саржевого, атласного и вафельного. Основная функция мягкой брони заключается в том, чтобы задержать пулю и максимально погасить её потенциальную энергию.

Демпферный слой нужен для погашения заброневого удара. Демпферные материалы представляют собой вспененные полимерные материалы, которые с целью снижения массы бронежилета перфорируют.

Консультации со специалистами НПП «Термотекс», анализ проведенных ранее исследований и патентный поиск позволили наметить пути повышения защитных свойств бронежилетов типа А. При этом следует отметить, что все исследования и разработки направлены на обеспечение безопасности человека. Предлагаются следующие способы:

- использование ткани различного переплетения в слоях бронежилета;
- формирование пакета мягкой брони путем укладки без разрезания, многократно перегибая слои;
- проклеивание срезов слоев мягкой брони.

Анализ указанных выше путей повышения защитных свойств бронежилетов позволил сделать вывод, что, так как элементы бронежилетов для собак значительно меньше по площади по сравнению с бронежилетами для людей, второй способ является нецелесообразным. Таким образом, задачами исследования являлось установление влияния вида переплетения и порядка укладки слоев баллистической ткани различного переплетения на прочностные характеристики пакета бронежилета для собак.

Исследование проводилось на основе «Методики специальных испытаний средств индивидуальной защиты ТМ 001-92». Испытание заключалось в формировании нескольких вариантов пакета материалов, которые подвергались баллистическим испытаниям на пулепробиваемость. Сущность метода состоит в том, что пакет из 24 слоев мягкой брони отстреливается в определенной последовательности с заданным расстоянием между метками. Испытания на пулепробиваемость пакета бронежилета проведены в соответствии с классом защиты Бр1.

Были сформированы несколько вариантов пакетов бронежилета, в которые входили баллистические ткани различных переплетений. Также между слоями баллистической ткани прокладывались слои бязи, с учетом изобретения №: 2086891. Базовый вариант состоит из 24 слоев арамидной ткани, причем между 18 и 19 слоями (если считать со стороны поражения) были добавлены 2 слоя хлопчатобумажной бязи. В этом варианте используется баллистическая ткань полотняного переплетения массой 110 г/кв.м, то есть самая лёгкая из всех образцов. Это решение связано с тем, что масса бронежилета для собаки должна быть минимальной в целях обеспечения эргономичности изделия. Остальные пакеты представляют варианты базового за счет включения образцов атласного, саржевого и вафельного переплетения, а также их сочетаний.

Проведен послойный анализ пакетов мягкой брони. При визуальной оценке были установлены слои мягкой брони, через которые прошла пуля (видны места разрушения нитей ткани); слои, в которых пуля остановилась; слои, в которых наблюдалось смещение нитей основы относительно нитей утка (раздвижка нитей); деформированные слои; слои ткани без видимых деформаций. Пуля была обнаружена в 4-9 слоях мягкой брони со

стороны поражения. С учетом количества слоев без видимых деформаций лучшие результаты показали пакеты, представляющие собой комбинацию тканей в сочетании со слоями вафельного переплетения. Таким образом, в ходе выполнения этого этапа исследования могут быть даны следующие рекомендации: формировать пакеты мягкой брони из баллистических тканей различного переплетения, в частности, вафельного; прокладывать между слоями арамидной ткани бязь для снижения энергии удара.

## **ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДОВ ОБНАРУЖЕНИЯ ФАЛЬСИФИЦИРОВАННОГО МЕХОВОГО ПОЛУФАБРИКАТА**

*Быстрова Н.Ю., Михайлова Н.Э.*

**Новосибирский технологический институт (филиал) МГУДТ, Россия**

Бизнес, связанный с продажей пушнины и изготовлением из нее верхней одежды, настолько прибылен и популярен, что мошенники не преминули занять этот сегмент мирового рынка.

Чаще всего пытаются продавать кролика и сурка под видом норки. Под видом стриженного бобра стараются выдать того же кролика или стриженую нутрию. Сегодня фальсификация среди меховых изделий встречается сплошь и рядом. Мех кролика после специфической обработки довольно трудно отличить от меха бобра, норки или шиншиллы даже специалистам, что говорить о рядовом покупателе. Следствием этих подделок являются огромные материальные убытки государства, а также моральные, материальные, а зачастую и физиологические потери потребителя от фальсифицированной продукции.

Целью данной работы являлось исследование методов обнаружения фальсифицированного пушно-мехового полуфабриката. Для достижения этой цели исследовалась микроструктура остевых волос следующих животных: бобра, сурка, нутрии, кошки, норки, овцы.

Изучению подвергнуты кутикула и сердцевина остевого волоса. Кутикула волос рассматривалась по следующим признакам:

- тип кутикулы;
- видимая часть клеток;
- характер свободного края этой части клеток;
- изменение типа кутикулы на всем протяжении стержня волоса.

Строение сердцевины волоса устанавливали по ее структуре.

В результате исследований было установлено, что в волосе таких животных, как норка, кролик, овца, строение кутикулы изменяется на всем протяжении стержня. В волосе норки кутикула в основании стержня имеет шишкообразную форму наподобие еловой шишки, в грани – лентовидная.

В волосе овцы в основании стержня кутикула шишкообразная, в виде кедровой шишки, в утолщенной части – лентовидная.

Однотипная кутикула на всем протяжении стержня обнаружена в остевых волосах нутрии и бобра (лентовидная). Сердцевина исследуемых волос, за исключением волоса кролика, состоит из клеток, непосредственно соединенных между собой. У кролика клетки сердцевинки отделены друг от друга межклеточным веществом. Как показали исследования, сердцевина остевых волос, состоящих из клеток, соединенных между собой, при термохимической обработке распадается на диски (овчина, норка, сурок). Сердцевидный слой, состоящий из клеток, отделенных друг от друга межклеточным веществом, диски не образует (кролик), сердцевина волос бобра распадается на отдельные диски. Сердцевина волос нутрии распадается на конгломераты клеток, которые имеют вид звеньев цепочки.

Таким образом, изучение микроструктуры волоса позволяет провести идентификацию пушно-мехового полуфабриката по волосу. Тем самым из наиболее важных критериев определения вида пушно-мехового полуфабриката является анализ кутикулы, ее постоянства или видоизменяемости вдоль стержня волоса. Конфигурация дисков или клеток, на которые распадается сердцевидный слой в результате щелочного термогидролиза, позволяет дополнить характеристику волоса, необходимую для диагностических целей.

## **ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ДЕТСКИХ ИГРУШЕК**

*Власова Е.Н.*

**Ивановский государственный политехнический университет, Россия**

Ассортимент современных игрушек характеризуется многообразием по функциональному назначению, возрастному адресату, используемым материалам. Однако в торговой практике оценка качества игрушек проводится только по органолептическим показателям. Определяется наличие необходимых документов, подтверждающих качество изделия, достоверность маркировки, целостность упаковки и наличие дефектов.

Для снижения риска развития нарушений состояния здоровья детей необходимо повысить контроль за безопасностью игрушек, с которыми ребенок начинает контактировать с раннего детства. В связи с этим очевидна актуальность совершенствования методических подходов оценки качества детских товаров.

В настоящее время оценка качества игрушек ведется в соответствии с требованиями Технического регламента Таможенного союза ТР ТС 008/2011 «О безопасности игрушек» [1] и ГОСТ 25779-90 [2]. На первом этапе из перечня показателей стандарта были выбраны только те, определение которых в условиях торгового предприятия не вызывает затруднений. Для выбранного образца устанавливалось соответствие показателей

внешнего вида, состояния маркировки и упаковки требованиям нормативных документов.

Объектом оценки качества является кукла Настенька производства Санни Тойз инк. К<sup>о</sup> ЛТД, Китай. По торговой классификации она отнесена к группе образных игрушек. Корпус выполнен из пластмассы, одежда – из текстильных материалов.

Установлено, что маркировка образца не полная и не соответствует требованиям ТР ТС 008/2011. Не указаны следующие обязательные сведения: местонахождение изготовителя, минимальный возраст ребенка, для которого предназначена игрушка, дата изготовления.

Для более полной оценки качества куклы проведено экспертное исследование в соответствии с ГОСТ 25779-90 [2]. Результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1

Экспертное исследование образца

Проверяемые показатели	Фактическое значение	Заключение
Применяемые материалы	Пластмасса	Соответствует ГОСТ 25779-90 п.1 и СанПиН 2.4.7.007-93 п.1.1
Наличие запрещенных материалов	Вредных элементов не обнаружено	Соответствует ГОСТ 25779-90 п.1.3 и СанПиН 2.4.7.007-93 п.1.1
Прочность крепления деталей	Прочно закреплены	Соответствует ГОСТ 25779-90 п.2.2
Швы, края, загибы	Имеются острые кромки швов и заусенцы на руках куклы	Не соответствует ГОСТ 25779-90 п.2.1.3, п.2.1.4
Интенсивность запаха	0 баллов	Соответствует ГОСТ 25779-90 п. 2.29
Стойкость защитно-декоративного покрытия к влажной обработке	Стойкое к действию влажной обработки	Соответствует ГОСТ 25779-90 п.2.27.1
Упаковка	Целлофановый пакет с картонной накладкой	Соответствует ГОСТ 25779-90 п.2.37.1
Четкость, хорошая видимость и несмываемость маркировки	Четкая, видимая и не смываемая, нанесена на картонную коробку	Соответствует п. 2.36.1 ГОСТ 25779-90
Дефекты внешнего вида	Острые кромки швов и заусенцы на руках	Не соответствует ГОСТ 25779-90
Стойкость к действию слюны и пота	Защитно-декоративное покрытие устойчиво к действию слюны и пота	Соответствует ГОСТ 25779-90 п. 3.68

Наличие запаха игрушки проверялось по пункту 5.3.2 СанПиН 2.4.7.007-93 [3] с участием комиссии из 5 человек по пятибалльной шкале. Интенсивность запаха оценена всеми экспертами на 0 баллов (отсутствие осязаемого запаха).

Физико-химическим методом определялась стойкость защитно-декоративного покрытия игрушки к действию слюны, пота и влажной обработке. Определение стойкости к влажной обработке проводилось путем мойки игрушки горячей водой при температуре 37°C с нейтральным мылом, без механической обработки в течение 3 мин. После чего внешний вид игрушки не изменился. Следовательно, материал куклы стоек к действию влажной обработки.

Определение стойкости покрытия к действию слюны и пота проводится для всех игрушек, кроме мягконабивных. В ходе исследования использован испытательный раствор № 1, имитирующий слюну (г): бикарбонат натрия ( $\text{NaHCO}_3$ ) - 4,2; хлорид натрия ( $\text{NaCl}$ ) - 0,5; карбонат калия ( $\text{K}_2\text{CO}_3$ ) - 0,2; дистиллированная вода - 1000,0 мл. Также применялся испытательный раствор №2, имитирующий пот (г): хлорид натрия ( $\text{NaCl}$ ) - 4,5; хлорид калия ( $\text{KCl}$ ) - 0,3; сульфат натрия ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) - 0,3; хлорид аммония ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) - 0,4; молочная кислота ( $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}$ ) 80 % - 3,0; мочевины ( $\text{CO}(\text{H}_2)_2$ ) - 0,2; дистиллированная вода - 1000,0 мл [15].

Из фильтровальной бумаги вырезались полоски шириной 15 мм и длиной 80 мм. Часть полосок насыщалась раствором №1 (пот), другая - раствором №2 (слюна). Насыщенные раствором фильтровальные полоски накладывались на образец, прикреплялись липкой лентой, чтобы между образцом и насыщенной полоской был тесный контакт. Липкая лента должна покрывать всю длину фильтровальной полоски и выходить за ее пределы с обеих сторон на 10 мм.

Подготовленные пробы помещались в эксикатор над водой комнатной температуры, который находился в термостате с температурой  $37 \pm 2^\circ\text{C}$ . Время экспозиции составило 2 ч. После 2 ч образец вынимался из эксикатора, фильтровальные полоски поочередно снимались с куклы и проверялись на наличие окраски. Так как фильтровальные полоски оказались не окрашены, то сделан вывод, что окраска куклы устойчива к слюне и поту.

На основе исследования можно сделать вывод, что кукла не соответствует ГОСТ 25779-90, так как имеет дефект в виде острых краев швов и заусенцев на пальцах рук. Данный дефект является недопустимым, влияет на механическую безопасность изделия. Кроме того, маркировка куклы не соответствует ТР ТС 008/2011.

## Литература

1. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 008/2011 «О безопасности игрушек» (утв. решением Комиссии Таможенного союза от 23.09.2011 г. № 798).
2. ГОСТ 25779-90 Игрушки. Общие требования безопасности и методы контроля.
3. СанПиН 2.4.7.007-93 Производство и реализация игр и игрушек.

## ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ПАКЕТОВ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТЕПЛОЗАЩИТНОЙ ОДЕЖДЫ

*Шпагина О.С., Гарская Н.П., Лобацкая О.В., Ковчур С.Г.*

Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь

При проектировании пакетов материалов для теплозащитной одежды учитываются различные требования, но в рамках данного исследования были рассмотрены гигиенические. Основными гигиеническими показателями для оценки пододежного микроклимата являются воздухопроницаемость, тепловое сопротивление и паропроницаемость. В табл.1 представлены характеристики исследуемых материалов.

Показатель воздухопроницаемости определялся на приборе ВПТМ-2, тепловое сопротивление – с помощью тепловизионной системы TermoCam<sup>TM</sup> SC 3000, а паропроницаемость – с помощью анализатора влажности производства RADWAG Wagi Elektroniczne и комплект Sampler 2000.

Тепловое сопротивление – это способность материалов препятствовать потерям теплоты. Тепловое сопротивление текстильных материалов колеблется от 0,27 – 1,08 м<sup>2</sup>\*ч\*град/ккал. Данный показатель зависит от утеплителя, используемого при confeccionировании пакета материалов. В свою очередь, тепловое сопротивление данного слоя зависит от поверхностной плотности и толщины. Мы исследовали утеплители: ватин, изософт, холлофайбер, синтепон.

Таблица 1

Характеристики исследуемых материалов

Название материала, артикул	Состав	M <sub>s</sub> , г/м <sup>2</sup>	Линейная плотность, текс		Воздухопроницаемость, дм <sup>3</sup> / (м <sup>2</sup> *с)	Паропроницаемость, г/м	Относительная паропроницаемость, %	Тепловое сопротивление материала, м <sup>2</sup> *С/Вт
			T <sub>о</sub> , текс	T <sub>у</sub> , текс				
Пальтовая ткань, 8С5	100 % ПЭ	113	17,6	9,2	13,8	110	47	не определялся
Ткань «Сису», 3С17-Квгл+ВОсн	ПЭ 77%, хлопок 23%	144	9,6	21,2	56,5	172	60	
Ткань «Грета», 4С5-Квкмф+ВО	хлопок 51%, ПЭ 49%	236	29,2	53,6	92	186,5	79,4	
Ткань Стандарт, 015С12-КВ	хлопок 51%, ПЭ 49%	231	30,8	44,8	26	187	79,6	
Диагональ, 3194	хлопок 100%	202	52,8	58,4	300	160	68,1	

Драп, 1013-80680	шерсть 100%	805	131,6	164,6	166	150	63,8	не определялся
ND30D WHITE	100 % ПЭ	48	4,8	3,6	0	176	74,8	
XSF11340	хлопок 97%, 3% эластан	199	13,2	13,6	115	176,1	75	
DEWS PO	100 % ПЭ	90	9,6	10,4	0	65	27,4	
SD62011RC	100 % ПЭ	132	9,2	11,2	0	46	19,4	
SHT-SE47SW	100 % ПЭ	137	30,4	10	20,4	193	82	не определялся
GV0230PV	100 % ПЭ	80	10	9,5	0	188	80	
230T Red	100 % ПЭ	90	8,8	7,6	0	186	79	
ККВ-112MZ	100 % ПЭ	74	3,2	6,4	0	159	67	
Подкладка, В365 212 ПГ	вискоза 67%, ПЭ 33%	94	12,4	10,4	188	179,6	76,4	
Ватин , 9С15-319	30 % хлопка, 70% шерсти	150	не определялись			177	75,5	0,26
		150 X2						0,36
		250						0,26
		250 X2						0,38
Изософт, 9006-319	100 % ПЭ	100				144	61	0,30
		200						0,33
		300						0,53
Синтепон, 9005-319	100 % ПЭ	100				130	55	0,36
		150						0,38
		300						0,44
Холлофайбер, М 757	100 % ПЭ	80				175	77	0,25
		125						0,30
		200						0,34
		280						0,4

По экспериментальным данным можно сделать вывод, что при повышении толщины и поверхностной плотности теплоизолирующего слоя показатель теплового сопротивления повышается. Наилучшим данным показателем при наименьшей толщине и поверхностной плотности обладает утеплитель изософт.

Воздухопроницаемость – способность текстильных материалов пропускать воздух. Она характеризуется коэффициентом воздухопроницаемости  $V_p$  ( $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ ), который показывает, какое количество воздуха ( $\text{м}^3$ ) про-

ходит через 1 м<sup>2</sup> площади в единицу времени при определенной разнице давлений по обе стороны материала. В табл.2 показаны значения воздухопроницаемости и паропроницаемости в зависимости от типа утеплителя.

Таблица 2

Результаты исследования пакетов одежды

№ пакета	Название материала, артикул	Утеплитель	Объем утеплителя, г/м <sup>2</sup>	Подкладка	Паропроницаемость г/м	Относительная паропроницаемость, %	Воздухопроницаемость, дм <sup>3</sup> /м <sup>2</sup> *с		
1	Ткань «Грета», 4С5 - КВгл+В Осн	Ватин , 9С15-319	150	Подкладка, В365 212 ПГ	144	61	60,5		
2		Изософт, 9006-319	100		135	57,5	28,2		
			200		-	-	27		
3		Синтепон, 9005-319	100		135	57,5	115		
4		Холлофайбер, М 757	80		165,6	70,5	88		
			125		-	-	63		
			200		-	-	54		
			280		-	-	34,5		
5		DEWS PO	Ватин , 9С15-319		150	Подкладка, В365 212 ПГ	56,5	24	17,4
6			Изософт, 9006-319		100		60	25,7	23
7	Синтепон, 9005-319			100	64		27	132	
8			Холлофайбер, М 757	80	61		26	28,6	

Очевидно, что на показатель воздухопроницаемости пакетов материалов большое влияние оказывает теплоизолирующий слой. Как видно из приведенных примеров, наименьшим данным показателем обладают пакеты, в которых используется полшерстяной ватин и синтетический утеплитель изософт. Эти пакеты более других соответствуют требованиям для данного ассортимента одежды, так как увеличивают ветростойкость. В рамках исследования влияния толщины и поверхностной плотности утеплителя на показатель воздухопроницаемости исследован ряд пакетов с различными утеплителями, а именно холлофайбер и изософт. По полученным данным делаем вывод, что при повышении поверхностной плотности теплоизолирующего слоя воздухопроницаемость пакета уменьшается. Понижение воздухопроницаемости при повышении данного показателя имеет линейный характер. Сравнивая эти два утеплителя, можно сделать вывод, что изософт имеет меньшую воздухопроницаемость, чем холлофайбер. Это делает его более предпочтительным для использования в зимних куртках.

Паропроницаемость – способность одежды пропускать водяные пары и тем самым обеспечивать нормальные условия жизнедеятельности организма. Чем толще и плотнее ткань, тем меньше паропроницаемость одежды. Наилучшей паропроницаемостью обладают материалы «Грета», 4С5–Квкмф+ВО, SHT–SE47SW, GV0230PV, 230T Red, Подкладка В365 212 ПГ и все виды утеплителей, представленных в данном исследовании.

Данные, полученные в ходе эксперимента, показывают, что ткань верха и утеплитель, используемые в пакете материалов, влияют на свойства пакетов. В пакетах, тканью верха которых является Грета, 4С5–КВгл+ВОсн, наилучшим показателем обладает пакет с утеплителем холлофайбер.

В пакете, где ткань верха имеет низкий показатель паропроницаемости, а именно DEWS PO, этот показатель низкий для всего пакета. В этих пакетах, как можно видеть, данные величины имеют между собой незначительную разницу по сравнению с пакетами, где мы используем наиболее паропроницаемую ткань верха, а именно – ткань «Грета», 4С5–КВгл+ВОсн. Из этого можно сделать вывод, что показатель паропроницаемости пакета материала более зависим от ткани верха, чем от утеплителя, но мы не можем полностью проигнорировать влияние утеплителя на показатель паропроницаемости для всего пакета.

При комплектовании рационального пакета материалов для теплозащитной одежды можно рекомендовать использовать ткани из 100% полиэфира, с синтетическим утеплителем изософт, холлофайбер. Выбор того или иного утеплителя зависит от условий эксплуатации изделия. Это позволит получить теплозащитные пакеты одежды с наилучшими гигиеническими свойствами для разных условий носки изделий.

## **ИДЕНТИФИКАЦИЯ МЯГКОГО МНОГОСЛОЙНОГО МАТЕРИАЛА**

*Егина Н.С., Черных Е.В., Аконова Е.И.*

**Новосибирский технологический институт (филиал) МГУДТ, Россия**

В практической деятельности приходится сталкиваться с необходимостью определять ассортиментную принадлежность материалов и изделий. Перед авторами была поставлена задача – провести ассортиментную идентификацию 4 образцов мягкого многослойного материала с рисунком тиснения, имеющего полимерные и тканевые слои, для установления таможенной позиции товаров.

Исследуемые образцы отличаются по цвету, легко, многократно изгибаются, сминаются, обратимо растягиваются без видимых изменений первоначальных свойств, что характерно для полимера в высокоэластическом состоянии.

Поперечный срез изучали с помощью цифрового USB микроскопа KS-isDigi Scope при 20-30-кратном увеличении. Все образцы характеризуются наличием хорошо различимых на микрофотографиях следующих слоев: текстильной основы, полимерного основного и отделочного слоев.

Таким образом, все исследуемые образцы представляют собой многослойный материал, состоящий из текстильной основы (ткани полотняного переплетения), на одну сторону которой нанесено полимерное покрытие с лицевой отделкой. Нити текстильной основы слабо связаны с полимерным слоем и при небольшом усилии отделяются от него. Иногда при отделении на волокне видны небольшие фрагменты полимерного слоя и соответственно на полимерном слое видны фрагменты волокнистой основы. Указанные признаки свидетельствуют о невысокой адгезии между волокнистой основой и слоями полимерного покрытия. Признаки сквозной пропитки тканевой основы полимером, образующим полимерные слои многослойного материала, отсутствуют. Совокупность перечисленных признаков позволяет идентифицировать исследуемые образцы как мягкую искусственную кожу [1].

Природу полимерного покрытия и отделочного слоя определяли по отношению к растворителям. Было установлено, что полимерные и отделочные слои полностью растворились в диметилформамиде – растворителе, характерном для полиуретана. Волокнистая основа при этом не растворилась. Следовательно, исследуемые образцы могут быть идентифицированы как уретанискожа.

Проблема заключается в том, что в Товарной Номенклатуре Внешнеэкономической Деятельности (ТН ВЭД) отсутствует класс товаров «Искусственные кожи».

Для определения таможенной позиции исследуемых образцов товаров необходимо было определить признаки товарной позиции 3921 «Плиты, листы, пленки и полосы или ленты из пластмасс» и 5903 «Текстильные материалы, пропитанные, с покрытием или дублированные пластмассами». Согласно пояснения к ТН ВЭД [2] в группу 39 включаются пористые или армированные продукты, слоистые или на подложке или аналогично комбинированные с другими материалами. Выше упоминалось, что все исследуемые образцы товаров имеют многослойную структуру: тканевую основу с полимерным покрытием и лицевой отделкой. Необходимо найти признаки, указывающие на характер взаимодействия полимерного покрытия и тканевой основы, т.е. определить, являются ли исследуемые образцы армированной пластмассой.

Армированные пластмассы (пластики) – композиционные материалы на основе полимерного связующего (матрицы) и упрочняющего (армирующего) наполнителя волокнистой структуры [3]. Армированные пластмассы обладают высокой прочностью и жесткостью в широком диапазоне температур. Таким образом, армированный материал должен характеризоваться взаимопроникновением связующего и армирующего материала,

иметь не менее двух непрерывных фаз с общей границей раздела, иметь развитый межфазный слой, т.е. армирующий материал должен быть заправлен внутрь пластмассы.

Развитый межфазный слой формируется при изготовлении материала в результате сквозной пропитки вязким полимером (расплавом, раствором или дисперсией) армирующего наполнителя.

Но исследуемые образцы не имеют никаких признаков сквозной пропитки. Полимерное полиуретановое покрытие этих образцов довольно слабо связано с полимерным слоем. Образцы по существу представляют собой текстильные материалы с полиуретановым покрытием. Уретанискоже могут быть получены прямым или переносным способом. В первом случае раствор полиуретана наносится на предварительно подготовленную ткань с помощью ракля. Во втором случае раствор полиуретана наносится на транспортер – подложку, а затем дублируется с тканевой или трикотажной основой. После сушки материал отделяется [1]. Обе эти схемы производства не обеспечивают сквозного проникновения связующего полимерного материала внутрь текстильной основы, т.е. текстильный материал не полностью заделан внутрь полимера, а покрыт этим полимером поверхностно с одной стороны.

Исследуемые образцы отличаются мягкостью и могут быть согнуты вручную вокруг цилиндра диаметром 7 мм при температуре 15-30<sup>0</sup>С.

Таким образом, можно выявить следующие основные признаки исследуемых образцов товаров:

- отсутствие жесткости (мягкость);
- многослойность: наличие полимерного слоя и тканевой основы;
- слабая связь между полимерным слоем и тканевой основой;
- отсутствие заделки текстильной основы внутрь полимерного покрытия.

Перечисленные признаки исследуемых образцов позволяют определить их ассортиментную принадлежность: отнести их к мягкой уретанискоже и присвоить им товарную позицию 5903 20.

## Литература

1. Андрианова Г.П. и др. Технология переработки пластических масс и эластомеров в производстве полимерных пленочных материалов и искусственной кожи // Технологические процессы производства полимерных пленочных материалов и искусственной кожи. – М.: КолосС, Ч.2, 2008.

2. Пояснения к товарной номенклатуре внешнеэкономической деятельности содружества независимых государств (ТН ВЭД СНГ). Т.2.– М.: Государственный таможенный комитет РФ, 2000.

3. Химический энциклопедический словарь. – М.: Советская энциклопедия, 1983.

## К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ЛЬНЯНЫХ КОМПРЕССИОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

*Маринкина М.А.\**

Костромской государственной технологической университет, Россия

Компрессионные изделия из различных материалов активно используются в области медицины, спорта, для коррекции фигуры. Они создают на поверхности тела человека дозированное давление, распространяющееся на глубже лежащие органы, и способствуют развитию лечебного и/или профилактического эффекта [1]. Качественные компрессионные изделия должны [2, 3]:

- удовлетворять прямому назначению в зависимости от сферы применения;
- плотно облепать фигуру, не сковывая движения;
- создавать приятные ощущения при соприкосновении с телом;
- создавать необходимый уровень давления на тело человека, не вызывая дискомфорта и негативное влияние на здоровье;
- сохранять первоначальную форму в процессе регламентированного периода эксплуатации, в том числе, после стирок;
- быть гипоаллергенными.

Данные требования выполняются за счет разработки рациональной конструкции компрессионных изделий, выбора конструктивных прибавок. Однако, в первую очередь, качество будущего изделия определяется физико-механическими свойствами трикотажного полотна, используемого для его изготовления.

В настоящее время на рынке распространены компрессионные изделия из хлопчатобумажных и высокотехнологичных синтетических трикотажных полотен. Потребителя ставят перед выбором:

1) изделия из хлопка гипоаллергенны, обладают хорошими гигиеническими свойствами, но их природная низкая растяжимость и высокая остаточная деформация хлопка не позволяют создавать из него изделия высокого класса компрессии;

2) из каучуковых и синтетических трикотажных полотен изготавливаются компрессионные изделия всего спектра по уровню давления, они износостойки и надолго сохраняют первоначальную форму. Но даже самые современные синтетические материалы не исключают появление аллергии, не позволяют полностью отводить тепло и влагу от тела.

Исходя из вышесказанного, актуальной задачей является поиск нового материала, совмещающего достоинства хлопка и синтетики и не обладающего их недостатками.

---

\* Научный руководитель Чагина Л.Л.

Известно, что лен превосходит по гигиеническим показателям существующие материалы, в том числе хлопок [4]. Помимо этого, он обладает медикаментозными и бактерицидными свойствами, что крайне важно при эксплуатации плотно облегающей одежды в медицине и спорте. Льняные трикотажные полотна отличаются высокой прочностью и износостойкостью.

Исследование качества льняных высокоэластичных трикотажных полотен для изготовления компрессионных изделий является важной задачей, так как помимо вышеперечисленных достоинств, лен обладает не достаточно высокой растяжимостью, существенной остаточной деформацией и изменением линейных размеров.

Для разработки номенклатуры показателей качества выбраны методы причинно-следственных схем Исикава и анализа иерархий [5]. В комплексе они дают наиболее объективный выбор показателей за счет максимально возможного исключения человеческого фактора.

В предварительный перечень включаются свойства, общие для трикотажных полотен, для льняных материалов и специфичные для трикотажных полотен с вложением эластана [6, 2, 7]. Диаграмма Исикава используется для составления предварительного перечня показателей качества, по методу анализа иерархий производится окончательный выбор показателей. К ним относятся:

- 1) остаточная деформация при растяжении,
- 2) изменение линейных размеров после стирки,
- 3) растяжимость при эксплуатационных нагрузках,
- 4) гигроскопичность.

Следующим этапом является проведение экспериментальных исследований для определения численных значений наиболее важных показателей. Показатели остаточной деформации при растяжении, изменения линейных размеров после стирки, растяжимости при эксплуатационных нагрузках определяются с использованием методик, представленных в ГОСТ. Методика исследования гигроскопичности представлена в ГОСТ.

Оценка качества льняных компрессионных изделий производится с использованием показателей желательности [8]. Данный метод позволяет получить наиболее наглядные результаты, отображающиеся в виде безразмерной шкалы, значения которой изменяются в пределах от 0 до 1 даже при очень большом и неограниченном диапазоне изменения размерных показателей качества [9]. Значения граничных натуральных значений показателей качества выбираются в соответствии со стандартами качества для компрессионных изделий профилактического назначения.

В результате оценки качества подтвердилась гипотеза о возможности использования льняных трикотажных полотен для изготовления компрессионных изделий. Трикотажные полотна ластичных переплетений являют-

ся наиболее качественными за счет наиболее высокой растяжимости по сравнению с другими переплетениями.

Окончательным этапом является исследование способности льняных компрессионных изделий сохранять заданный уровень давления в течение регламентированного периода эксплуатации. Величина давления прямо пропорциональна нагрузке, то есть силе, возникающей в образце при заданной деформации [1]. Поэтому оценка изменения давления сводится к исследованию изменения нагрузки изделий на тело человека.

Цилиндрические пробы, изготовленные из льняного трикотажа переплетения ластик 2+2 с вложением эластана и без эластана, натягиваются на прибор, максимально повторяющий форму ноги человека и снабженный упругими элементами. Данные пружины растягивают образцы в радиальном направлении, моделируя эксплуатационные нагрузки на компрессионные изделия.

Показания силы, с которой образцы давят на рабочую часть прибора, записываются через определенные промежутки времени и отображаются в виде графиков. После стирки проб проводятся повторные измерения.

Для оценки стабильности поведения образцов используется показатель интенсивности изменения нагрузки, рассчитываемый по формуле:

$$\Delta = \frac{\sigma_0 - \sigma_n}{\sigma_0} \cdot 100\% \quad (1)$$

где  $\Delta$  – интенсивность изменения нагрузки, %;  $\sigma_0$  – начальная нагрузка, Н;  $\sigma_n$  – нагрузка в момент времени  $n$ , Н.

Анализ значений интенсивности изменения нагрузки позволяет сделать следующие выводы. Интенсивность изменения нагрузки для всех образцов значительно увеличивается к концу испытания, почти не изменяясь в первоначальные периоды времени. После стирки скорость релаксации всех проб возрастает, интенсивность в конечный момент времени после стирки больше, чем до стирки. Образцы без вложения эластана являются самыми стабильными, однако их первоначальное давление на прибор значительно ниже, чем у соответствующих по диаметру полотен без эластана. Увеличение их давления может привести к дискомфорту в процессе эксплуатации. Релаксационные процессы, проходящие в изделиях с эластаном, незначительны (в пределах 3%), они не влияют на качество компрессионных изделий.

Исходя из результатов проведенных исследований сделан вывод, что для изготовления высококачественных компрессионных изделий, удовлетворяющих гигиеническим и физико-механическим требованиям, рекомендуется использовать льняные трикотажные полотна с вложением эластановых нитей. При грамотной эксплуатации и стирке данные изделия прослужат достаточно долго. Для увеличения срока службы компрессион-

ных изделий из льняных трикотажных полотен рекомендуется чередовать непродолжительные периоды носки изделия со стирками.

Опытная носка льняных компрессионных изделий, проведенная на занятиях по художественной гимнастике и баскетболу, подтвердила их комфортность при эксплуатации. Отмечается позитивное влияние жесткости льна в процессе разминки спортсменов. Микромассаж, оказываемый льняными трикотажными полотнами на тело человека, повышает кровообращение, в результате чего мышцы быстрее разогреваются, а их работоспособность поддерживается в течение всего процесса тренировки.

Дальнейшим направлением оценки качества льняных компрессионных изделий является сбор информации о стабильности давления на тело человека льняных компрессионных изделий различных размеров, изготовленных из трикотажных полотен различных переплетений, волокнистого состава. На основе полученной информации необходимо разработать трикотажные полотна с оптимальным соотношением льняных волокон и эластановых нитей, учитывая вид пряжи и нитей и требуемую жесткость при растяжении.

#### Литература

1. *Филатов В.Н.* Упругие текстильные оболочки: монография. – М.: Легпромбытиздат, 1987. – 248 с.
2. ГОСТ Р 51219-98. Изделия медицинские эластичные фиксирующие и компрессионные. Общие технические требования. Методы испытаний. – Введ. 1998.11.26. – М.: ИПК Изд-во стандартов. – 20 с.
3. *Маринкина М.А.* Обоснование эффективности использования льняных компрессионных изделий в области спорта и физической культуры // Материалы международной научно-технической конференции «Актуальные проблемы науки в развитии инновационных технологий (ЛЕН-2014)». – Кострома: КГТУ, 2014. – С. 91-92
4. Живетин В.В., Гинзбург Л.Н., Рыжов А.И. Лен: вчера, сегодня, всегда. – М.: Полигран, 1995. – 117 с.
5. *Соболева М.А. (Маринкина М.А.), Чагина Л.Л.* Выбор метода для разработки номенклатуры показателей качества льняных трикотажных полотен для компрессионных изделий // Вестник молодых ученых СПГУ-ТиД. – Санкт-Петербург: СПГУТиД, 2014. – № 4. – С. 24–29.
6. *Маринкина М.А.* Исследование свойств льняных трикотажных полотен для изделий компрессионного назначения // Сборник материалов Международной научно-технической конференции «Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ-2014)». Часть 1. – М.: ФГБОУ ВПО «МГУДТ», 2014. – С. 257-259.
7. RAL-GZ 387. Medical Compression Hosiery Quality Assurance. – 2008. – RAL German Institute for Quality Assurance and Certification. – p. 19

8. *Маринкина М.А., Чагина Л.Л.* Методика комплексной оценки качества льняных трикотажных полотен для компрессионных изделий // Вестник Костромского государственного технологического университета: Костромской гос. технол. ун-т. – Кострома: КГТУ, 2015.

9. Соловьев А.Н., Кирюхин С.М. Оценка и прогнозирование качества текстильных материалов. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. - 215 с.

## **ОЦЕНКА ВКЛАДА ТЕПЛООВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ПЕРЕНОС ТЕПЛА ЧЕРЕЗ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

*Родэ С.В., Шампаров Е.Ю., Жагрина И.Н.*

Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

В условиях нашего прохладного российского климата способностям тех или иных материалов и пакетов сохранять тепло должно быть уделено большое внимание. Знание их свойств особенно актуально в материаловедении легкой промышленности при конструировании изделий на осенне-зимний период.

Известно [1], что есть три возможных механизма теплопередачи: теплопроводность, конвекция и тепловое излучение. Теплопроводность и прозрачность для теплового излучения – это собственные характеристики материала. В отличие от них конвекционные потоки тепла во многом зависят не от свойств самого материала, а от внешних воздействующих условий. Поэтому мы остановимся на исследовании вклада двух остальных механизмов.

Вклад теплового излучения в перенос тепла через теплоизоляционные материалы может быть существенным. В современных материалах для отражения теплового излучения специально делают металлизированные вставки. Как правило, прозрачность материалов измеряют отдельно и при других условиях, что с нашей точки зрения не совсем корректно. Поэтому мы предлагаем такое построение схемы измерений, при котором вклад теплового излучения в перенос тепла можно было бы учитывать.

Обычно для измерения теплопроводности исследуемые образцы помещают между двумя близко расположенными пластинами с температурами  $T_1$  и  $T_2$ . При условии, что расстояние между пластинами  $d$  достаточно мало

$$d \ll A/p, \quad (1)$$

где  $p$  – периметр пластины и  $A$  – площадь пластины (или образца), поток тепла через образец можно считать параллельным. Тогда согласно уравнению Фурье [2] плотность потока тепла

$$S = P/A = D(T_1 - T_2)/d, \quad (2)$$

где  $P$  – вся мощность, идущая от одной пластины к другой, а  $D$  – теплопроводность образца.

Теперь оценим вклад теплового излучения в той же геометрии.

Пусть пластины обладают одинаковым коэффициентом светимости  $\varepsilon$ . Пусть от первой пластины ко второй идет излучение с мощностью  $B_1$ , а от второй к первой с мощностью  $B_2$ . По закону Стефана – Больцмана [2] мощность, идущая от первой пластины, равна сумме мощности ею излучаемой и отражаемой

$$B_1 = A\sigma\varepsilon T_1^4 + (1 - \varepsilon)B_2, \quad (3)$$

где  $\sigma$  – постоянная Стефана-Больцмана. Соответственно для мощности, идущей от второй пластины к первой,

$$B_2 = A\sigma\varepsilon T_2^4 + (1 - \varepsilon)B_1. \quad (4)$$

Тогда мощность, передаваемая от первой пластины второй,

$$B_1 - B_2 = A\sigma\varepsilon(T_1^4 - T_2^4)/(2 - \varepsilon). \quad (5)$$

Из формулы (5) видно, что вклад теплового излучения мал, когда пластины сделаны из хорошо отражающих излучение материалов, например, из меди или алюминия. Вклад может быть существенным, если пластины выполнены из материала с большой светимостью. Например, для монокристаллического кремния  $\varepsilon \approx 2/3$ . При площади пластин  $100 \text{ см}^2$ , температурах  $T_1 - 300 \text{ К}$  и  $T_2 - 290 \text{ К}$  посредством излучения от одной пластины к другой идет мощность примерно  $0,3 \text{ Вт}$ . Когда пластины близко, эта мощность не зависит от расстояния между пластинами.

Для сравнения, если между пластинами с той же площадью и на расстоянии  $1 \text{ см}$  будет воздух, то благодаря его теплопроводности (согласно формуле (2) при  $D = 0,0262 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$  [2]) от одной пластины к другой пойдет мощность всего  $0,28 \text{ Вт}$ .

Для оценки вклада теплового излучения можно использовать две методики измерений:

1. Экранировать тепловое излучение с помощью тонкой фольги (лучше алюминиевой). Проводить измерения мощности, проходящей через образцы без экранов и вместе с экранами.

2. Исследовать зависимости проходящей мощности от толщины образца. Для прозрачных материалов вклад теплового излучения будет виден, как постоянная добавка к обратно пропорциональной зависимости, соответствующей вкладу теплопроводности.

Таким образом, мы показали, что вклад теплового излучения в перенос тепла через теплоизоляционные материалы может быть существенным и его необходимо контролировать. Вклад можно учесть, выполнив установку в обычной для регистрации теплопроводности

геометрии с горячей и холодной пластинами, выполненными из материала с большой светимостью в инфракрасном диапазоне, и проведя соответствующие измерения.

### Литература

1. *Шустов Ю.С.* Основы текстильного материаловедения. – М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2007.– 303 с.
2. Физические величины: справочник под редакцией И.С. Григорьева, Е.З. Мейлихова, – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 1232 с.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БЕЗОПАСНОСТИ ДЕТСКОЙ ОБУВИ

*Потушинская Е.В., Булгарь А.Г.*

Новосибирский технологический институт (филиал) МГУДТ, Россия

Безопасность обуви, особенно детской, является серьезной проблемой в связи с высокой химизацией обувного производства и применением разнообразных синтетических материалов. На отечественном рынке можно увидеть детскую обувь с искусственной или синтетической подкладкой, с нефиксированной пяточной частью, или вовсе обувь может оказаться тяжелой или обладающей плохой гибкостью.

При эксплуатации некачественной обуви возможны случаи развития плоскостопия, деформации стопы и аллергических реакций, что может привести к необратимым последствиям.

Определить безопасность многих товаров потребителям весьма затруднительно. Потребители лишь могут косвенно судить о безопасности товаров.

Целью работы являлось исследование показателей безопасности детской обуви для активного отдыха. Для этого были взяты образцы школьной обуви указанного вида ценовой категории до 1000 рублей из ассортимента, представленного на рынке города Новосибирска:

- образец №1 фирма «Совенок»,
- образец №2 фирма «Tom.m»,
- образец №3 фирма «Kangyou»,
- образец №4 фирма «Kedele»,
- образец №5 фирма «Erebos sport».

В Техническом регламенте Таможенного Союза 007/2011 «О безопасности продукции для детей и подростков» нормируются следующие показатели: устойчивость окраски применяемых материалов к сухому и мокрому трению, воздействию пота, концентрации выделяющихся вредных веществ, а также комплекс физико-механических свойств (масса, гиб-

кость, прочность крепления деталей низа, деформация подноски и задника обуви.

По результатам исследования было выявлено, что все образцы, кроме образца №1 фирмы «Совенок» выдержали испытания на определение устойчивости окраски применяемых материалов к сухому и мокрому трению. Образец фирмы «Совенок» имел неустойчивую окраску к мокрому трению в следующих деталях конструкции (обсоюзка, надблочник и задник).

К воздействию пота все образцы оказались устойчивы.

По показателю концентрации выделяющихся вредных веществ из материалов обуви, а именно по содержанию свободного формальдегида, выделяющегося в водную среду, было установлено, что все образцы имеют нормативные показатели. Однако, лишь в образце №1 фирмы «Совенок» подкладка изготовлена из натуральной кожи, остальные образцы имеют подкладку из искусственных и синтетических материалов, что однозначно их делает опасными.

По определению комплекса физико-механических свойств, получили следующие результаты:

По показателю гибкости обуви, величине остаточной деформации задника и подноски все образцы соответствуют норме.

По показателю прочности крепления деталей низа обуви было выявлено, что образец № 4 детской обуви торговой марки «Kedele» не соответствует требованиям, тогда как остальные образцы выдержали испытание. В образце №4 этот показатель составляет 34 Н/см, тогда как норматив 58 Н/см.

Таким образом, установлено, что образец №1 фирмы «Совенок» является небезопасным по показателю устойчивости окраски к мокрому трению, это может привести к миграции красителя на подошву и изменению ее цвета в области расположения этих деталей, при этом ухудшатся эстетические свойства обуви. Все образцы, кроме образца №1, являются небезопасными по химической безопасности, так как их подкладки изготовлены из синтетических и искусственных материалов. Это более серьезная опасность, поскольку нога непосредственно или через носок соприкасается с подкладкой обуви, что может вызвать аллергию, дерматиты и стать причиной более серьезных заболеваний. Кроме того, искусственная подкладка обладает низкими санитарно-гигиеническими свойствами, что также создает массу неудобств при носке.

В заключении делаем вывод о том, что до сих пор на рынке присутствуют недобросовестные производители детской обуви, главным принципом которых является получение прибыли не смотря на то, что их продукцию является опасной.

# ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СУРОВЫХ БАННЕРНЫХ ТКАНЕЙ

*Козина А.А., Давыдов А.Ф.*

Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

Баннерные ткани представляют собой композиционный материал, армированный прочной полиэфирной сеткой из двустороннего очень пластичного поливинилхлорида (ПВХ). Для изготовления суровых баннерных тканей используют полиэфирные плоские филаментные нити.

В основе процесса производства баннерных тканей лежит послойное нанесение на основу различных по составу поливинилхлоридных паст с последующим терможелативанием.

Структурные и размерные характеристики исследуемых тканей представлены в табл. 1.

Таблица 1

Структурные и размерные характеристики тканей

№ п/п	Наименование характеристики	Условные обозначения тканей		
		К	О	С
1	2	3	4	5
1	Сырьевой состав	100% полиэфир	100% полиэфир	100% полиэфир
2	Переплетение	Плотняное	Плотняное	Плотняное
3	Ширина В, мм	1800	2500	2000
4	Толщина b, мм	0,23	0,23	0,22
5	Масса М, г	482	610	540
6	Линейная плотность пряжи по основе ТО, текс	114,2	113,9	106,7
7	Линейная плотность пряжи по утку ТУ, текс	112,3	115,1	105,5
8	Плотность ткани по основе ПО, нитей/10см	62	61	63
9	Плотность ткани по утку ПУ, нитей/10 см	59	61	61
10	Линейная плотность ткани $M'$ , текс	241	277	270
11	Поверхностная плотность ткани $M_1$ , г/м <sup>2</sup>	135	139	135
12	Средняя плотность ткани $\delta T$ , мг/мм <sup>3</sup>	0,58	0,48	0,61
13	Линейное заполнение по основе ЕО, %	19,3	19,0	19,0
14	Линейное заполнение по утку ЕУ, %	18,2	19,1	18,3
15	Линейное наполнение по основе НО, %	38,4	38,1	37,9

16	Линейное наполнение по утку НУ, %	36,6	38,1	36,7
17	Коэффициент связности по основе КО, %	2,0	2,0	2,0
18	Коэффициент связности по утку КУ, %	2,0	2,0	2,0
19	Поверхностное заполнение ES, %	34,0	34,5	33,8
20	Объемное заполнение EV, %	68,2	56,5	71,8
21	Заполнение массы ткани EM, %	38,7	32,0	40,7
22	Поверхностная пористость RS, %	66,0	65,5	66,2
23	Объемная пористость RV, %	31,8	43,5	28,2
24	Общая пористость RM, %	61,3	68,0	59,3

В работе были проведены испытания по определению физико-механических свойств баннерных тканей по стандартным методам. Результаты испытаний образцов представлены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты проведенных испытаний по физико-механическим показателям для суровых баннерных тканей

Показатели, $\bar{X}$	Условные обозначения ткани					
	К		О		С	
	основа	уток	основа	уток	основа	уток
Разрывная нагрузка, Н	576 $\pm$ 25	556 $\pm$ 17	563 $\pm$ 20	577 $\pm$ 9	544 $\pm$ 19	549 $\pm$ 22
Разрывное удлинение, %	15,7 $\pm$ 0,7	14,3 $\pm$ 0,5	16,2 $\pm$ 0,7	16,6 $\pm$ 0,3	16,6 $\pm$ 0,4	19,5 $\pm$ 0,7
Гигроскопичность, %	1,9 $\pm$ 0,1		1,9 $\pm$ 0,1		2,2 $\pm$ 0,1	
Водопоглощение, %	55,3 $\pm$ 1,9	52,2 $\pm$ 2,5	55,9 $\pm$ 2,4	52,1 $\pm$ 7,4	58,9 $\pm$ 5,6	54,2 $\pm$ 2,5
Воздухопроницаемость, $\text{дм}^3/(\text{м}^2\text{с})$	341 $\pm$ 8		355 $\pm$ 11		356 $\pm$ 10	
Жесткость при изгибе, $\text{мкН}\cdot\text{см}^2$	3987 $\pm$ 438	3967 $\pm$ 357	3987 $\pm$ 227	3544 $\pm$ 262	3748 $\pm$ 352	3385 $\pm$ 315
Усилие при раздвигаемости, Н	9,3 $\pm$ 0,3	10,7 $\pm$ 0,2	10,3 $\pm$ 0,3	9,5 $\pm$ 0,4	8,8 $\pm$ 0,2	9,5 $\pm$ 0,4
Коэффициент тангенциального сопротивления, $f_{\text{тс}}$	0,30	0,34	0,40	0,51	0,29	0,27

Наименьшее разрывное удлинение по основе и по утку наблюдается у образца с кодовым наименованием К, по утку – образец с кодовым наименованием О, наибольшее – у образца с кодовым наименованием С.

Наибольшая жесткость при изгибе по основе и по утку наблюдается у образца с кодовым наименованием К, наименьшая – у образца с кодовым наименованием С.

Наибольшая воздухопроницаемость у образца с кодовым наименованием С, наименьшая – у образца с кодовым наименованием К.

Разница между основными видами характеристик не определяет характера появления дефекта. Исключение составляет коэффициент тангенциального сопротивления, величина которого во многом влияет на качество проведения технологического режима. Коэффициент тангенциального сопротивления образца с кодовым наименованием О – ткани, на которой появляется повышенное количество дефектов, выше образца с кодовым наименованием К на 33% по основе и на 50% по утку.

В результате проведенных испытаний суровых баннерных тканей следует, что ткани с условными обозначениями К и С обладают лучшими показателями по сравнению с тканью с условным обозначением О.

Наибольшей прочностью по основе обладает образец с кодовым наименованием К, по утку – образец с кодовым наименованием О. Наименьшей прочностью по основе и по утку обладает образец с кодовым наименованием С.

Водопоглощение у всех образцов практически одного порядка.

## **К ВОПРОСУ О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ШКУРОК КРОЛИКА РАЗЛИЧНЫХ СЕЗОНОВ ЗАГОТОВКИ**

*Стрелетова О.А., Сухинина Т.В., Бобылева О.В.*

**Московская государственная академия ветеринарной медицины  
и биотехнологии им. К.И. Скрябина, Россия**

В последние годы все более актуальным становится вопрос о повышение технического уровня и конкурентоспособности продукции промышленного производства. Решение этой задачи тесно связано с совершенствованием технологии изготовления материалов и, в частности, с созданием требуемых показателей качества.

Комплексная переработка сырья животного происхождения с использованием технологических решений, включающих вовлечение в хозяйственный оборот отходов производства в качестве исходного сырья для смежных отраслей, приобретает особую значимость, что позволит расширить ассортимент выпускаемой продукции, повысить качество товаров, снизить себестоимость, уменьшить экологическую нагрузку на окружающую среду.

В связи с интенсивными методами производства кроличьего мяса шкурковая продукция, в отличие от многих видов сырья для мехового производства, не является сезонной и в течение года получаемые шкурки не всегда первосортные.

Из шкурок, непригодных для выработки меховых изделий, можно выделывать такие виды кож, как хром, лайка, замша, велюр и изготовить разнообразный ассортимент продукции: перчатки, ремешки, дамские сумочки, кошельки, пилотки и легкую обувь. Меховой полуфабрикат из шкурок

низких сортов, а также взрослых кроликов и молодняка целесообразно использовать в качестве подкладочного материала для пальто и отделки одежды. Кожу с лицевыми пороками подвергают тиснению, например под кожу крокодила, и используют на галантерейные изделия; кожа без пороков идет на изготовление детской обуви.

В связи с этим большой интерес представляет изучение некоторых свойств шкурок кролика разных сезонов заготовки для определения производственного назначения и оценки качества мехового и кожевенного полуфабриката шкурок кролика, полученного из низкосортного сырья.

Объектом исследования служили невыделанные шкурки кролика породы Советская шиншилла различного сезона заготовки, а также кожевенный и меховой полуфабрикат, выделанный из шкурок низкого сорта.

Невыделанные шкурки кролика были разделены на следующие партии в зависимости от сезона забоя:

- Партия 1 - шкурки кролика раннеосеннего забоя, сентябрь-октябрь;
- Партия 2 – шкурки кролика осеннего забоя, октябрь-ноябрь;
- Партия 3 – шкурки кролика осенне-зимнего забоя, ноябрь-декабрь;
- Партия 4 – шкурки кролика зимнего забоя, декабрь-январь;
- Партия 5 - шкурки кролика зимне-весеннего забоя, февраль-март.

На первом этапе нами было проведено исследование основных свойств шкурок кролика: длина и густота волос, толщина кожного покрова, масса и площадь шкурок.

В результате исследования длины волос (направляющий, остиевой и пуховой) на трех топографических участках (бок, хребет, огузок) установлено, что длина волос у шкурок кролика изменяется в зависимости от проявления сезонной изменчивости.

Толщина кожного покрова шкурок кроликов зависит от топографического участка. Наибольшая толщина кожного покрова отмечена у шкурок кролика раннеосеннего сезона заготовки (Партия 1). Существенных различий по толщине кожного покрова у шкурок кролика Партий 2, 3, 4, 5 не выявлено.

Выявлено, что густота волос на шкурках кролика зависит от сезона заготовки: у шкурок кролика осеннего сезона заготовки (Партия 2) густота волос больше на 9,3% по сравнению с раннеосенними шкурками (Партия 1); у шкурок осенне-зимнего сезона заготовки (Партия 3) густота волос больше на 10,3%, по сравнению со шкурками кролика осеннего сезона (Партия 2); у шкурок зимнего и осенне-зимнего сезона заготовки (Партия 4 и 3) существенной разницы в густоте волос выявлено не было; у шкурок ранневесеннего сезона заготовки (Партия 5) наблюдается снижение показателя густоты волос (по отношению к Партии 4) на 4,6%, что объясняется началом весенней линьки.

При определении площади и массы шкурок кролика было установлено, что зависимости данных показателей от сезона заготовки не выявлено, так как забой кроликов проводят по достижению ими убойной массы, что также подтверждается результатами массы единицы площади (в среднем она составляет  $0,2 \text{ г/см}^2$ ).

На следующем этапе была проведена сортировка шкурок кролика согласно ГОСТ 2136 – 87 «Шкурки кроликов невыделанные».

Установлено, что шкурки кролика всех исследуемых партий крупного размера. По состоянию волосяного покрова шкурки кролика: шкурки кролика Партии 1 – 3 сорта, 1 группы пороков; шкурки кролика Партии 2 – 2 сорта, 1 группы пороков; шкурки кролика Партии 3 и 4 – 1 сорта, 1 группы пороков; шкурки кролика Партии 5 – 1 сорта, 3 группы пороков.

На основании выше изложенного можно отметить, что с целью получения максимальной прибыли:

- шкурки кролика, полученные с октября по январь (Партия 2, 3 и 4), можно использовать как основное сырье для мехового производства;
- шкурки, полученные в раннеосенний (сентябрь) и весенний (март) период (Партии 1 и 5), следует использовать для выработки меховой и кожевенной галантереи, фетрового производства;
- волос, снятый со шкурки кролика, и кожный покров можно использовать в качестве исходного сырья для получения растворимых форм кератина и коллагена различного назначения.

Далее для определения назначения использования шкурок кролика из Партии 1 и Партии 5 была проведена органолептическая оценка.

В результате органолептической оценки нами было определено назначение шкурок кролика:

- Шкурки кролика, рекомендуемые к выработке мехового полуфабриката: по состоянию волосяного покрова – недостаточно полноволосяе с признаками линьки на огузке, частично на хребтовой части, с достаточной прочностью связи волоса с дермой, без пороков по волосяному покрову.
- Шкурки кролика, рекомендуемые к выработке кожевенного полуфабриката: по состоянию волосяного покрова – недостаточно полноволосяе с признаками линьки на огузке, частично на хребтовой части, с недостаточной прочностью связи волоса с дермой, со стороны волоса имеются участки с плешинами и вытертыми местами по всей площади, в целом превышающие 30%.

Переработку шкурок кролика в меховой и кожевенный полуфабрикат проводили по типовым технологиям. При органолептической оценке полученного мехового и кожевенного полуфабриката можно отметить, что:

- **Меховой полуфабрикат** – кожаная ткань несколько утолщена, но мягкая, пластичная, полуфабрикат обладает хорошей потяжкой, волосяной покров мягкий, шелковистый, но не достаточно полноволосяй.

➤ **Кожевенный полуфабрикат** имеет, светлую окраску, без явно выраженных оттенков, по лицевой стороне хорошо просматривается характерный рисунок - меряя. На ощупь полуфабрикат обладает хорошей плотностью, мягкий и эластичный.

При оценке некоторых физических и физико-химических свойств мехового полуфабриката, таких как температура сваривания и водородный показатель, было установлено, что по данным показателям меховой полуфабрикат кролика соответствует требованиям ГОСТ 2974-75 «Шкурки кролика выделанные» (температура сваривания кожаной ткани – 70,1<sup>0</sup>С, Водородный показатель 4,5). Меховой полуфабрикат из шкурок кролика по прочности соответствует литературным данным: разрывное напряжение 17,5МПа (по литературным данным 10-25 МПа – в зависимости от назначения полуфабриката)

По литературным данным температура сваривания кожаного полуфабриката зависит от способа дубления и назначения кож: для кож альдегидного способа дубления – в пределах от 80-120<sup>0</sup>С, а водородный показатель находится в пределах от 3,5 до 7 (температура сваривания кожаного полуфабриката из шкурок кролика составила 82<sup>0</sup>С, водородный показатель 5,5), следовательно, кожаный полуфабрикат из шкурок кролика соответствует характеристикам кож.

Так как кожи из шкурок кролика в основном используются для изготовления галантерейных изделий, а на данный кожаный полуфабрикат не существует никаких нормативных документов, то для более объективной оценки физико-механических свойств был взят ГОСТ 15091-80 «Галантерейные кожи». При определении некоторых физико-механических свойств было установлено, что кожаный полуфабрикат из шкурок кролика соответствует требованиям ГОСТ: разрывное напряжение 17,5 МПа (норма ГОСТ не менее 10 МПа).

В заключении можно отметить, что шкурки кролика низких сортов (шкурки, полученные в раннеосенний (сентябрь) и весенний (март) период) пригодны для получения мехового полуфабриката для подкладки, отделки, галантерейных изделий, но и для получения кожаного полуфабриката достаточно высокого качества. Учитывая невысокую себестоимость получения кожаного полуфабриката из шкурок кролика, себестоимость переработки составляет всего 7 рублей за 1 шкурку и хозяйствам, которые занимаются разведением кроликов, можно получить дополнительную прибыль за счет переработки его в кожаный полуфабрикат. Рентабельность производства составила 74,5 %.

## Литература

1. *Бобылева О.В.* Рациональное использование белковых препаратов животного происхождения при производстве мехового полуфабриката // *Материалы XVIII Международной заочной научно-практической конфе-*

ренции «Технические науки – от теории к практике». – Новосибирск: Изд-во «СибАК», 2013. – С.151-155.

2. Сухинина Т.В., Стрелетова О.А., Кузин А.В. Свойства шкур кролика разных сезонов заготовки // Актуальные проблемы товароведения сырья и продуктов животного происхождения, промышленных и продовольственных товаров, экологии: межведомственный юбилейный сборник научных трудов. – М.: ФГОУ ВПО «МГАВМиБ», 2009. – С. 47-50.

## НЕКОТОРЫЕ СВОЙСТВА ПОВОРОТНО-ИЗОМЕРНОЙ МОДЕЛИ ПОЛИМЕРНОЙ ЦЕПИ

**Бондаренко Е.В., Мотавкин А.В., Скородумов В.Ф.**

Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

В статистической механике полимерных молекул для учета различных конформаций цепи часто используют поворотную-изомерную модель, в которой полагают, что кристаллический полимер обладает совершенным порядком с нулевой энтропией, а молярная конформационная энтропия  $\Delta S$  невозмущенной цепи в расплаве дается выражением

$$\Delta S = R \left( \ln Z + T \left( \frac{d}{dT} \ln Z \right) \right),$$

где  $R$  – газовая постоянная,  $T$  – термодинамическая температура,  $Z$  – конфигурационная функция распределения, которая может быть определена, если известна матрица  $U_i$  статистических весов [1] для последовательной пары связей  $i-1$  и  $i$

$$Z = U_0 \left( \prod_{i=2}^{n-1} U_i \right) U_x,$$

где  $U_0$  и  $U_x$  - вектор-строка и вектор-столбец соответственно первой и последней связи в цепи,  $n$  – число связей в цепи, индекс  $i$  можно опустить, если все связи в цепи одинаковы.

В случае модели цепи с тремя вращательными состояниями  $t$  (*транс*-состояние),  $g^+$  (*гош*<sup>+</sup>-состояние, связано с *транс*-состоянием правым поворотом) и  $g^-$  (*гош*<sup>-</sup>-состояние, связано с *транс*-состоянием левым поворотом), имеем [2]

$$U_0 = [1 \quad 0 \quad 0]; \quad U_x = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}.$$

Величины элементов матрицы статистических весов зависят от разности энергии между конформациями связи и температуры. Например, в случае полиэтилена матрица статистических весов для пары последовательных связей  $i-1$  и  $i$  дается выражением

$$\mathbf{U} = \begin{matrix} & t & g^+ & g^- \\ \begin{matrix} t \\ g^+ \\ g^- \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 & \sigma & \sigma \\ 1 & \sigma & \sigma\omega \\ 1 & \sigma\omega & \sigma \end{bmatrix} \end{matrix},$$

где в строках указаны соответственно  $t$ ,  $g^+$ , и  $g^-$  состояния связи  $i-1$ , в столбцах указаны соответственно  $t$ ,  $g^+$ , и  $g^-$  состояния связи  $i$ ,  $\sigma$  - статистический вес  $g^\pm$  состояния относительно веса 1 для  $t$  состояния,

$$\sigma = \exp\left(-\frac{E_\sigma}{RT}\right),$$

где  $E_\sigma$  - разность энергии *гoш*-состояния и *транс*-состояния связи. Элемент матрицы  $\sigma\omega$  соответствует случаю  $g^+g^-$  или  $g^-g^+$  последовательных связей, который приводит к перекрытию групп  $\text{CH}_2$  на любом конце связей  $i-1$  и  $i$ ,

$$\omega = \exp\left(-\frac{E_\omega}{RT}\right),$$

где  $E_\omega$  - разность между энергией пары связей  $g^\pm g^\mp$  и  $2E_\sigma$ .

Вычисления характеристического отношения  $C_\infty = \left(\left(r^2\right)_0/nl^2\right)_{n=\infty}$  ( $r$  - расстояние между концами цепи, индекс нуль у  $r^2$  обозначает невозмущенное состояние, не учитывающее вклад в  $r^2$  взаимодействий дальнего порядка,  $l$  - длина связи) и его температурного коэффициента показали, что в случае полиэтилена  $E_\sigma = 400$  кал/моль и  $E_\omega = 1500$  кал/моль. Использование этих величин  $E_\sigma$  и  $E_\omega$  привело к величине  $\Delta S/n = 1,83$  э. е., что находится в хорошем согласии с экспериментальными данными энтропии плавления полиэтилена [2]. Флори и сотрудники исследовали также схему с пятью вращательными состояниями, локализованными при углах поворота  $0^\circ$ ,  $77^\circ$ ,  $115^\circ$ ,  $-115^\circ$ ,  $-77^\circ$  вокруг связей C-C, отсчитываемых от *транс*-формы, и обнаружили только небольшое различие в результатах между этой схемой и схемой с тремя состояниями [1]. Сравнение экспериментальных данных с теоретическими для ряда других полимеров также показало адекватность рассматриваемого метода. Примечательно, что введенный Флори матричный подход имеет прямое отношение к однородным цепям Маркова, когда вероятности перехода  $p_{ij}(n)$  из состояния с энергией  $E_i$  в состояние с энергией  $E_j$  за один шаг не зависят от номера шага  $n$ , а зависят только от того, из какого в какое состояние осуществляется переход.

Однако, рассматриваемый метод не свободен от недостатков. Самым главным из них является отсутствие учета межмолекулярных взаимодействий, играющих важную роль в случае плавления и стеклования полимеров.

Кроме того, игнорирование межмолекулярных взаимодействий заставляет с осторожностью относиться к величинам  $\omega$  и  $\sigma$ , используемым в данном методе.

Наряду с использованием рассмотренного метода, используют также простейший вариант трехуровневой схемы, в котором полагают, что  $\omega = 0$  и существует только одна низкоэнергетическая потенциальная яма с энергией  $\varepsilon_1$  и  $z_v - 2$  высокоэнергетических потенциальных ям с энергией  $\varepsilon_2$  ( $z_v$  – валентность скелетных атомов). Такой подход привел к хорошим результатам при расчете термодинамики стеклования полимеров в теории Гиббса-ДиМарцио [3], [4]. В этой теории предполагается, что доля связей с энергией  $\varepsilon_2$  равна  $f$ , равновесная величина которой вычисляется обычными статистико-термодинамическими методами. При расчетах согласно этой теории, с одной стороны, необходимо учитывать, что уменьшение величины  $\omega$  (в данном случае до нуля) увеличивает число *транс*-состояний связей в расплаве (уменьшается величина  $f$ ), и, следовательно, уменьшает энтропию расплава и соответственно плавления. С другой стороны, природа используемой в теории Гиббса-ДиМарцио аппроксимации такова, что она не дает возможность исключить из расчета конформации, при которых два сегмента одной и той же макромолекулы, разделенные двумя или большим числом промежуточных сегментов той же макромолекулы, занимают одну и ту же ячейку (пентановый запрет). Поэтому вычисленная при такой аппроксимации величина числа конфигураций (и соответственно энтропия плавления) вероятнее всего является завышенной. На наш взгляд, хорошее согласие с экспериментальными данными теории стеклования Гиббса-ДиМарцио явилось прямым следствием учета межмолекулярных взаимодействий в этой теории. Наиболее перспективным, по-видимому, является сочетание матричного метода Флори с учетом межмолекулярных взаимодействий, например, как это сделано в теории Гиббса-ДиМарцио.

#### Литература

1. Флори П. Статистическая механика цепных молекул. – М.: Мир, 1971. – 440 с.
2. Sundararajan P.R. Theoretical Evaluation of the Conformational Entropy of Fusion and the Melting Temperature of Polymers // J. Appl. Polym. Sci. – 1978. – V. 22. – P. 1391-1403.
3. Gibbs J.H., DiMarzio E.A. Nature of the Glass Transition and the Glassy State // J. Chem. Phys. – 1958. – V. 28. – N. 3. – P. 373-383.
4. DiMarzio E.A., Gibbs J.H. Chain Stiffness and the Lattice Theory of Polymer Phases // J. Chem. Phys. – 1958. – V. 28. – N. 5. – P. 807-813.

## **ВЛИЯНИЕ СВОЙСТВ АРМИРОВАННЫХ ШВЕЙНЫХ НИТОК НА КАЧЕСТВО НИТОЧНЫХ СОЕДИНЕНИЙ**

*Ульянова Н.В., Азаревич А.Я., Гришанова С.С.*

Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь

Повышение качества производимых швейных ниток является актуальной задачей текстильной промышленности. На рынке текстиля представлен широкий ассортимент швейных ниток из натуральных и химических волокон (нитей) различной структуры отечественного и зарубежного производства. Как правило, предлагаемые швейные нитки соответствуют нормативным требованиям по основным нормированным показателям качества. Однако, кроме нормированных показателей качества швейных ниток, есть ненормируемые показатели, которые также оказывают большое влияние на технологические свойства ниток.

Известно, что швейные нитки при работе машины испытывают сложный комплекс воздействий, вызывающих изменение показателей их структуры и физико-механических свойств. Данные изменения зависят как от волокнистого состава, структуры, свойств самих ниток и обрабатываемого материала, так и от режимов работы швейной машины. Общими требованиями, предъявляемыми к швейным ниткам, являются обеспечение качественного петлеобразования и правильной формы соединительных швов, отсутствие обрывов и ухудшение внешнего вида изделия. О технологических свойствах ниток принято судить по числу обрывов в процессе работы на высокоскоростной швейной машине [1].

Немаловажным фактором является равновесность швейных ниток. Сукрутины неравновесных ниток застревают в отверстиях игл швейных машин или нитепроводников и вызывают обрыв ниток. Если нитка не уравновешена по крутке, петля игольной нитки не располагается в требуемом положении, а отклоняется на какой-то угол и может так сильно отклониться, что величина зазора (или петли) окажется недостаточной для захвата ее носиком челнока. В результате образуются пропуски стежков в швах [2].

В качестве объекта исследования были выбраны армированные полиэфирные швейные нитки торгового номера 35 ЛЛ (производства РБ) и 25 ЛЛ (производство Китая), предназначенные для обработки плательного ассортимента тканей.

Для исследования технологичности армированных швейных ниток определяли следующие показатели качества:

- равновесность ниток;
- разрывная нагрузка и разрывное удлинение до и после стачивания;
- обрывность ниток при стачивании.

Исследования проводились в промышленной лаборатории швейной фабрики ОАО «Мона» (г. Полоцк) на универсальных швейных машинах двухниточного челночного стежка фирмы JUKI DDL 8700A-7 (Япония). Установленные на швейных машинах режимы ниточных соединений представлены в табл.1.

Таблица 1

Режимы ниточных соединений

Наименование показателя	Значение показателя
Длина стежка, мм	3,5
Номер иглы	90
Натяжение верхней нитки, Н	3,5
Натяжение нижней нитки, Н	0,7
Давление лапки, Н	30,0
Частота вращения главного вала машины, мин <sup>-1</sup>	4500

Результаты испытания армированных швейных ниток на прочность представлены в табл.2.

Таблица 2

Результаты испытания армированных швейных ниток на прочность

Показатель качества	35ЛЛ			25ЛЛ		
	До	После	Потеря упругости	До	После	Потеря упругости
	стачивания			стачивания		
Среднее значение разрывной нагрузки швейных ниток	1451 сН	1261 сН	13,06 %	804 сН	635 сН	20,4 %
Коэффициент вариации	4,0 %	10,9 %	4,6 %	10,4 %	15,5 %	6,8 %

Результаты испытания армированных швейных ниток на разрывное удлинение представлены в табл.3.

Таблица 3

Результаты испытания армированных швейных ниток на разрывное удлинение

Показатель качества	35ЛЛ			25ЛЛ		
	До	После	Потеря упругости	До	После	Потеря упругости
	стачивания			стачивания		
Среднее значение разрывного удлинения ниток	16,5 %	11,5 %	26,8 %	11,3 %	8,7 %	46,3 %
Коэффициент вариации	6,6 %	4,5 %	30 %	47 %	15,8 %	18,4 %

Согласно полученным данным, отечественные швейные нитки 35 ЛЛ и нитки 25 ЛЛ (Китай) по прочностным характеристикам соответствуют 1 сорту. Потеря прочности после стачивания для 35 ЛЛ составляет 13,06%, а для 25 ЛЛ – 20,4%. Снижение упругости после стачивания для 35 ЛЛ со-

ставляет 26,8%, а для 25 ЛЛ – 46,3%. Меньшую обрывность имеют швейные нитки 35 ЛЛ – 17 обрывов на 5000 м верхней нитки (при средней длине строчки без обрывов – 127,05 м).

При стачивании ткани швейными нитками 25 ЛЛ (Китай) наблюдалось более 40 обрывов на 5000 м верхней нитки (при средней длине строчки без обрывов – 71,6 м). Неравномерность армированных швейных ниток 35 ЛЛ (РБ) – 0,92 кр./м и 25 ЛЛ (Китай) – 1,8 кр./м, что не превышает нормативных требований. Установлено, что швейные нитки 35 ЛЛ (РБ) более устойчивы к многократным деформациям растяжения и ударным нагрузкам, а также сопротивлению сдвига витков крутки, следовательно, имеют более высокие технологические свойства.

### Литература

1. *Кокеткин П.П.* Одежда: Технология – техника, процессы – качество: Справочник. – Москва: «МГУДТ», 2001. – 554 с.

2. *Беденко В.Е., Сухарев М.И.* Технологические свойства швейных ниток. – М.: Легкая индустрия, 1977. – 143 с.

3. ГОСТ 6611.2 – 1973. Нити текстильные. Метод определения разрывной нагрузки и удлинения при разрыве. – Взамен ГОСТ 6611.3 – 69; Введ. 1976–01–01. – М.: Изд-во стандартов, 1982. – 8 с.

4. ГОСТ 6611.3 – 1973. Нити текстильные. Метод определения числа кручений, укрутки и направления крутки. – Взамен ГОСТ 6611.4 – 69; введ. 1976–01–01. – М.: Изд-во стандартов, 1982. – 7 с.

5. ГОСТ 28753.1 – 1990. Нитки швейные. Метод определения неравномерности. – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 7 с.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДУХОПРОНИЦАЕМОСТИ ПРИ ОБДУВЕ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

*Шарнар Н.М., Османов З.Н.*

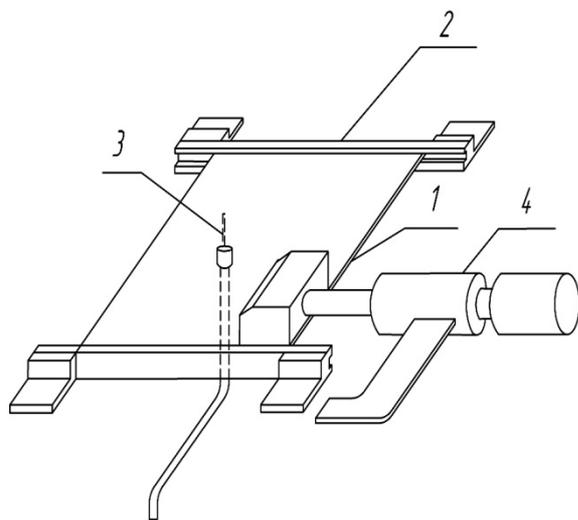
Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

В проведенных ранее работах [1, 2] были рассмотрены задачи воздухопроницаемости текстильных материалов, дано описание экспериментальной установки, способной определить поперечный коэффициент фильтрации текстильных материалов и получены опытные результаты исследований. На установке, описанной в работе [2], проводились эксперименты по определению поперечной коэффициента проницаемости.

Во время эксперимента поток воздуха из трубы, расположенной вертикально, поступал на горизонтальную поверхность рабочей камеры, имеющей отверстие в виде круга, на котором заподлицо закреплен образец текстильного материала. Под исследуемым материалом рабочая камера через отводной патрубок присоединена к всасывающему вентилятору. С по-

мощью давления под исследуемым материалом определяем величину расхода воздуха, прогоняемого по системе вентилятором. Во время опытов регистрировались показания расхода воздуха через исследуемый материал, скорость потока воздуха и давление под исследуемым материалом. Работа предусматривала два режима работы экспериментальной установки [2] – режим обдува с прососом (под материалом, расположенным в рабочей камере, создавалось давление, равное атмосферному); режим обдува (всасывающий вентилятор отключен, при этом давление под исследуемым материалом находится по сопротивлению отводной линии). В режиме обдува давление, созданное под материалом, превышало атмосферное, поэтому во время проведения эксперимента были возможны утечки воздуха через узел крепления образца. Опытным путем при перекрытом отводящем шланге определялось давление под образцом текстильного материала, вводилась поправка к скорости фильтрации, величина поправки при этом не превышала 5-7%.

Эксперименты по отладке установки [2] предусматривали определение оптимального расстояния между основанием подведенной обдувочной трубы и образцом, закрепленным на поверхности рабочей камеры. Опыты такого характера предусматривали установку на место образца пластины с отверстием для отбора давления рис.1, его положение фиксировалось микрометрическими винтами.



**Рис. 1. Рабочий участок для изучения поля давлений на пластине**

Устройство, изображенное на рис.1, состоит из пластины 1, расположенной в направляющих пазах 2. Пластина 1 имеет вертикальное сквозное отверстие, в котором закреплена открытым концом на встречу потока тонкая трубка для отбора давления 3, с внутренним диаметром 0,0001 м и имеющая выход к микроманометру. На пластине 1 имеется микрометрический винт 4, дающий возможность передвигать пластину с трубки вдоль направляющих 2 на строго фиксированные расстояния. Измерение поля давлений ведется с шагом 0,001 м.

Таким образом, в месте расположения образца определялось поле давлений. Эксперименты выполнялись при расстоянии от основания подающего трубопровода до пластины в пределах от 2,5 до 30 мм с диапазоном 15...29 мм, поле давлений при этом практически не менялось от величины этого зазора и в последующем оно было принято равным 25 мм, диаметр трубопровода составлял 29 мм, а диаметр отверстия под образцом 34 мм.

На пластине закреплялся образец хлопковой ткани, трубка для отбора давления выводилась на поверхность образца заподлицо. Результаты, полученные в ходе опытов с набегающим воздушным потоком при скоростях от 6 до 20 м/с, позволили сравнить давления на поверхностях образца и гладкой пластины. Такое явление объясняется при расчете поля скоростей при безотрывном обтекании материалов потоком вязкой жидкости, такое утверждение обычно предполагает малую толщину пограничного слоя на поверхности исследуемого текстильного материала, поле давлений при этом в погранслое и на поверхности образца будет подобно случаю обтекания тела потенциальной, невязкой жидкостью. Результаты, полученные в ходе расчета, согласуются с экспериментом. Закономерности развития погранслоя на материале и на гладкой пластине различны, так как величина погранслоя по толщине незначительна, а поля давлений одинаковы.

Шлихтинг Г. в своей работе [3] поставил и решил задачу, связанную с течением вязкой жидкости в окрестности критической точки неограниченным плоским и осесимметричным потоком. Также он привел для двух случаев описание полей давлений на поверхности исследуемого образца уравнением параболы

$$p = p_m - \frac{\rho}{2} a^2 r^2 \quad (1)$$

или

$$p/p_m = 1 - b^2 r^2,$$

где  $p_m$  - давление в критической точке;  $\rho$  - плотность жидкости (воздуха);  $r$  - декартова координата для плоского и радиальная координата для осесимметричного потоков;  $a, b$  - константы, значение которых для плоской поверхности не определено. Заметим, что значение константы  $a$  для случая поперечного обтекания кругового цилиндра потенциальным потоком можно получить по известному полю скоростей на поверхности (см., напр. [4]), выполнив предельный переход к малому центральному углу. В результате получается значение  $a = w_\infty / R$ , где  $w_\infty$  - скорость потока на бесконечности;  $R$  - радиус цилиндра.

Во время опыта прослеживались перепады давлений, соответствующие набегающему потоку в диапазоне от 6 до 20 м/с, причем перепад давления зависит от скорости фильтрации по линейному закону, также следует отметить, что проведенные эксперименты на плотных материалах с недостаточно высокой воздухопроницаемостью описываются линейной областью зависимости перепада давления от скорости фильтрации. Указанная зависимость сохраняется в более широком интервале перепадов давления  $p_m - p'$ , чем при традиционных опытах. Материалы, имеющие высокую воздухопроницаемость, вряд ли целесообразно использовать в одежде, предназначенной для защиты от ветра.

Выше были рассмотрены результаты определения скоростей фильтрации через один слой образца при перепадах давления, близких к скоростному напору набегающего потока. Реально в пакетах из текстильных материалов перепад давления будет перераспределяться между отдельными слоями, так что на каждом материале, входящем в пакет, будет “срабатываться” меньший перепад давления. Кроме того, перепад давления максимален в окрестности критической точки, по мере удаления от нее его величина уменьшается. Фактически это позволит распространить область линейности зависимости  $w_{\text{тм}} = f(\Delta p)$  ( $\Delta p$  - перепад давления) на более высокие скорости набегающего потока, чем максимальное значение скорости в данных опытах (20 м/с).

Величина утечек в зависимости от перепада давления рассчитывалась как

$$w_{\text{ут}} = w_{\Phi} (p_0 - p') / p',$$

после чего величина  $w_{\text{ут}}$  вычиталась из измеренного опытным путем значения  $w_{\Phi}$ .

По полученным результатам исследований можно сделать следующий вывод, что поля давлений над образцом текстильного материала, обдуваемым воздушным потоком, определяются по зависимости скорости фильтрации как функции скорости набегающего потока, а также перепада давлений в окрестности критической точки. В работе отражено существование линейного характера зависимости скорости фильтрации от перепада давлений при возможности распространения в широком диапазоне изменения скоростей набегающего потока воздуха.

## Литература

1. *Жмакин Л.И., Шарпар Н.М.* Экспериментальное определение коэффициента проницаемости текстильных материалов // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. Иваново. – 2012. – №6. – С.148-151.

2. *Жмакин Л.И., Шарпар Н.М., Османов З.Н., Козырев И.В.* Устройство для определения поперечной воздухопроницаемости текстильных материалов. Пат. 137740 Российская Федерация, МПК G01N33/36 (2006.01). заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО "Московский государственный университет дизайна и технологии" (RU). – №2013132025/15, заявл. 11.07.2013; опубл. : 27.02.2014, Бюл. № 6 – 3 с. : ил.

3. *Шлихтинг Г.* Теория пограничного слоя. – М.: Инлитиздат, 1956.

4. *Милн-Томсон Л.М.* Теоретическая гидродинамика. – М.: Мир, 1964.

## ИССЛЕДОВАНИЕ СТОЙКОСТИ ТКАНЕЙ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ К ДЕЙСТВИЮ НЕФТЕПРОДУКТОВ

*Чернышев М.В., Чернышева Г.М.*

Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

Спецодежда должна сохранить жизнь и максимально снизить риск нанесения вреда здоровью человека не только в случае промышленной аварии, но и при выполнении обычных ежедневных работ, должна обеспечивать комфортную работу и удобство в эксплуатации. К рабочей одежде предъявляется сложный комплекс требований: защитных, гигиенических, эксплуатационных и эстетических, которые во многом определяются материалами, из которых она изготавливается.

Спецодежда для защиты от механических воздействий предохраняет кожные покровы и одежду, прилегающую к кожным покровам, от проколов и порезов.

Ткани выбираются с повышенными механическими показателями (пределом прочности при разрыве, истирании).

В качестве объектов исследования были выбраны четыре образца тканей, предназначенных для спецодежды нефтеперерабатывающей отрасли, выпускаемых российскими и зарубежными предприятиями: Грета-М (51% хлопок, 49% полиэфир); Лидер 250 (30% хлопок, 70% полиэстер); Антистат 35% хлопок, 65% полиэстер); Vanwer 235 (88% хлопок, 12% нейлон).

Элементарные пробы помещают в эксикаторы с нефтью и бензином (А92, А95, дизельное топливо). Эксикаторы плотно закрывают крышкой. Продолжительность выдерживания элементарных проб тканей в нефти и бензине составляет: 24 часа, 336 часов, 504 часа, 672 часа. Отсчет времени выдерживания элементарных проб начинают с момента их погружения в сырую нефть и бензин.

По истечении времени выдерживания ткани вынимают, отжимают в фильтровальной бумаге и высушивают при комнатной температуре. Затем определяют разрывную нагрузку элементарных проб. Используем полученные данные разрывной нагрузки тканей для расчета стойкости к действию нефтепродуктов.

Анализируя результаты испытаний можно видеть, что с увеличением длительности воздействия сырой нефти и бензина стойкость ткани к истиранию по всем образцам снижается.

Более агрессивной средой являются бензин и дизельное топливо.

Наилучшей исходной износостойкостью обладает ткань Лидер-250., однако данная ткань больше всего разрушается.

Более износостойкой является ткань Антистат.

## Литература

1. ГОСТ 29104. Метод определения стойкости к воздействию нефтепродуктов.

4. *Юрцев О.О.* Оценка изменения свойств тканей, предназначенных для специальной одежды работников нефтедобывающего комплекса, в процессе эксплуатации: дис ... д-ра техн. наук / О.О. Юрцев – МГТУ им. А.Н. Косыгина, Москва, 2012.

3. *Давыдов А.Ф. и др.* Выбор показателей безопасности и качества тканей, используемых для пошива одежды специального целевого назначения // Рабочая одежда и средства индивидуальной защиты. – 2006.– №2.

### **ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ ПУЧКА НИТИ. ВЛИЯНИЕ НЕРАВНОМЕРНОСТИ НАТЯЖЕНИЙ И РАЗНОЙ ДЛИНЫ ОДИНОЧНЫХ НИТЕЙ НА СВОЙСТВА ПУЧКА НИТЕЙ**

*Байчоров Т.М.*

Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

Разрывная нагрузка и удлинение изделий из нитей определяются не только свойствами составляющих их элементов, но и конструкцией изделий, дефектами структуры изделия и т.д. Однако свойства нитей играют значительную, часто основную роль в качественных характеристиках изделий. Определение разрывной нагрузки изделия теоретическими методами возможно лишь для частных случаев и обычно требует привлечения различного рода эмпирических коэффициентов и зависимостей. В результате уменьшается разница между расчетными и фактическими показателями изделия, зато теряется общность. Поэтому представляется разумным изучить влияние неравномерности механических характеристик нитей на примере простейшей модели – параллельного пучка нитей, в котором непосредственное взаимодействие элементов отсутствует и проявляется лишь в том, что разрывной нагрузкой пучка считается максимальная сила, возникающая при его растяжении. Решение этой задачи имеет также непосредственное практическое значение для таких изделий, как фалы, представляющие собой пучок параллельных нитей в оплетке, поскольку последняя очень слабо влияет на прочность фала при растяжении.

Характеристики пучка полностью определяются свойствами составляющих его нитей, выраженными в виде функциональной зависимости нагрузки от удлинения, представляющей в общем случае нестационарную случайную функцию. В простейшем случае эта случайная функция может быть задана неслучайной неубывающей функцией нагрузки от удлинения и положением точки разрыва на ней (которое является случайным). В этом случае разрывные нагрузка и удлинение нитей связаны функциональной

зависимостью. Поэтому достаточно знать закон распределения только одной из этих величин, а именно разрывной нагрузки. Важным следствием такой модели является то обстоятельство, что нагрузка на пучок равномерно распределяется между всеми неразрушенными нитями.

На разрывные нагрузку и удлинение изделий влияют неоднородности, возникающие в ходе технологического процесса изготовления изделий. Исследована простейшая модель изделия – параллельный пучок нитей. Кроме того, эта модель представляет непосредственный интерес, поскольку изделия высокой прочности, выпускаемые пенько-джутовой промышленностью, имеют грузонесущую часть, выполненную в виде параллельного пучка нитей.

Разница как в натяжении, так и в длинах нитей приводит к разбросу свободной длины нитей в пучке. Под свободной длиной понимается та длина, которую имеет отрезок нити при нулевой нагрузке.

Определим коэффициент использования прочности (КИП) изделия, сформированного из большого числа одинаковых по механическим характеристикам нитей при различном их предварительном натяжении. Удобно рассматривать соответствующее предварительному натяжению предварительное относительное удлинение  $x$ . Рассмотрим случай прямой, пропорциональной между нагрузкой и удлинением одиночной нити. Если пучок параллельных нитей растянуть так, чтобы его относительное удлинение было равно  $E$ , то его элементы получают различное относительное удлинение  $y$ , равное:

$$y = x + E + Ex \quad (1)$$

При этом произойдет обрыв тех нитей, для которых удлинение превысит:

$$y > E_p \quad (2)$$

т.е. оборвутся те нити, предварительное удлинение которых превышает величину:

$$z = E_p - \frac{E}{1} + E \quad (3)$$

При достаточно большом числе нитей в пучке вероятности любых событий можно рассматривать, как доли. Поэтому КИП пучка нитей зависит от коэффициента вариации предварительного натяжения, отношения среднего значения натяжения к разрывной нагрузке нити и разрывного удлинения нити. Значение  $E$ , при котором достигается максимум, является разрывным удлинением пучка.

КИП, естественно, снижается с ростом уровня и неравномерности предварительного натяжения. Важным является то, что при прочих равных условиях КИП и КИУ пуска будут выше для тех нитей, разрывное удлинение которых меньше. Это обстоятельство учитывалось при разработке тех-

нологии трощения высокомодульных нитей СВМ, применяемых в изделиях ответственного назначения.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ И ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ЛЬНЯНЫХ КОСТЮМНЫХ ТКАНЕЙ**

*Демократова Е.Б., Ишина К.В.*

**Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия**

В качестве объектов исследования были выбраны льняные костюмные ткани, приобретенные в магазинах г. Москвы. Согласно ярлыку, все ткани выработаны из 100% льняного волокна на отечественных предприятиях. Ткань 1 имеет набивной рисунок, состоящий из оранжевых и зеленых полосок; ткань 2 – суровая; ткань 3 – пестротканая, с преобладанием фиолетового цвета; ткань 4 – однородного серого цвета.

Согласно ТР ТС 017/2011 «О безопасности продукции легкой промышленности» ткани, предназначенные для пошива костюмов, должны соответствовать обязательным требованиям безопасности продукции. Сертификаты соответствия на ткани, имеющиеся в торговых организациях, свидетельствуют об успешном прохождении данной процедуры. Однако, согласно данным торговой организации, потребитель недоволен качеством этих тканей.

При обязательном подтверждении соответствия проверяются минимально необходимые требования безопасности, установленные в техническом регламенте. Однако для потребителя могут иметь значение показатели качества, характеризующие важные для него свойства продукции, не установленные в техническом регламенте, или повышенный уровень показателей безопасности. Поэтому в работе было принято решение провести выбор наиболее значимых показателей экспертным методом.

При оценке качества данных тканей в качестве нормативной документации обычно используется ГОСТ 15968 «Ткани чистольняные, льняные и полульняные одежные. Общие технические условия». В этом нормативном документе установлены нормы следующих показателей качества: разрывная нагрузка, изменение размеров после мокрой обработки, гигроскопичность, воздухопроницаемость, устойчивость окраски к стирке, поту, сухому трению, несминаемость.

В результате опроса потребителей, было принято решение добавить еще четыре показателя – туше, драпируемость, растяжимость и художественно-колористическое оформление (ХКО). С другой стороны, по мнению потребителей, разрывная нагрузка не должна иметь решающего значения при выборе костюмной ткани.

В качестве экспертов были приглашены 10 преподавателей кафедры текстильного материаловедения и товарной экспертизы, аспирантов и сту-

дентов-выпускников. После обработки опроса, при коэффициенте конкордации 0,72, в качестве определяющих были выбраны следующие показатели (в скобках указаны коэффициенты весомости): несминаемость (0,26); устойчивость окраски (0,22); ХКО (0,16); туше (0,22); воздухопроницаемость (0,14).

Определение этих показателей проводилось по стандартным и типовым методикам. Несминаемость, устойчивость окраски и воздухопроницаемость определялись по соответствующим национальным стандартам. Туше ткани и ХКО определялись органолептическим путем. Для этого были приглашены 10 независимых экспертов, им было представлено 5 образцов тканей. Эксперты тактильно оценивали данные образцы и ставили оценки по 20-бальной системе (1 – 5 – плохо, 6 – 10 – удовлетворительно, 11 – 15 – хорошо, 16 – 20 – отлично).

Были также определены структурные характеристики тканей. Результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1

Характеристика	Ткань				
	1	2	3	4	
Поверхностная плотность, г/м <sup>2</sup>	238	170	205	248	
Толщина, мм	0,53	0,44	0,48	0,55	
Плотность ткани: по основе по утку	312	280	404	254	
	296	250	320	340	
Линейная плотность нити основы, текс	53	95	64	48	
Линейная плотность нити утка, текс	66	83	62	62	
Коэффициент несминаемости, %:					
	по основе	28	46	52	41
	по утку	27	42	63	37
Устойчивость окраски, балл	5	5	5	4/5	
ХКО, балл	4,0	18,9	8,4	14,1	
Туше, балл	18,6	13,7	7,8	3,7	
Воздухопроницаемость, дм <sup>3</sup> /(м <sup>2</sup> ·с)	366	669	115	65	

Из данных, представленных в табл. 1, можно сделать следующие выводы.

Наибольшей воздухопроницаемостью отличается ткань 2, для которой были отмечены наименьшие значения поверхностной плотности и заполнений, а также большая толщина нитей. Напротив, ткань 4, имеющая высокие значения толщины, поверхностной плотности и заполнений, отличается низкой воздухопроницаемостью.

Наивысшую оценку ХКО получила ткань 2, также высокая оценка у ткани 4. Эти ткани имеют серый цвет, который, по-видимому, особенно ценится для льняных тканей и является универсальным для костюмов. Низшую оценку получила ткань 1, имеющая полосы оранжевого и зеленого цветов на белом фоне. Эксперты сочли это сочетание сомнительным с

точки зрения эстетики: такие яркие цвета хорошо выглядят далеко не при каждом сочетании цвета кожи, волос и глаз.

Наивысший балл по туше получила ткань 1, а самый низкий – ткань 4. Можно отметить, что ткань 4 имеет высокую поверхностную плотность и толщину, так что кажется экспертам «тяжелой и жесткой». Наряду с этим, можно было бы предположить, что ткань 2 с наименьшей толщиной и поверхностной плотностью будет иметь самый высокий балл по туше. Действительно, она получила оценку 13,7 баллов - заметно выше, чем у тканей 3 и 4. Но оценка ткани 1 составила 18,6 баллов. Это можно объяснить тем, что ткань 2 не отбеливалась, в отличие от ткани 1, и не приобрела в результате отделки «мягкость».

Так как в работе не удалось выбрать оптимальную или наилучшую по всем показателям качества ткань, представляется целесообразным проведение комплексной оценки. В настоящей работе комплексные оценки рассчитывались как средняя арифметическая  $K$ , средняя геометрическая  $G$  и средняя гармоническая  $H$ . Так как не для всех показателей качества обнаружены нормы стандарта или другие базовые значения, было принято решение применить непрерывные балловые оценки, приняв  $B_{min}=1$  и  $B_{max}=5$ . Все определяющие показатели качества рассматривались как позитивные.

Таблица 2

Комплексная оценка качества исследуемых тканей

Обозначение ткани	Комплексная оценка		
	$K$	$G$	$H$
Ткань 1	3,0	2,4	1,8
Ткань 2	4,2	4,2	4,1
Ткань 3	3,4	3,0	2,6
Ткань 4	1,8	1,6	1,4

Из данных табл. 2 можно сделать вывод, что наилучшей по всем комплексным оценкам является ткань 2, а наихудшей – ткань 4. Можно отметить, что ткань 2 выделяется наименьшими значениями толщины и поверхностной плотности и наибольшими значениями туше и воздухопроницаемости. Ткань 4, напротив, характеризуется высокими толщиной и поверхностной плотностью, а также низкими воздухопроницаемостью и туше.

## ТЕМПЕРАТУРНО-ВРЕМЕННАЯ АНАЛОГИЯ И ФОРМЫ ДИАГРАММ РАСТЯЖЕНИЯ НИТЕЙ

*Саркисов В.Ш.<sup>1</sup>, Тер-Микаэлян П.Ю.<sup>2</sup>, Тиранов В.Г.<sup>3</sup>, Шаблыгин М.В.<sup>1</sup>*

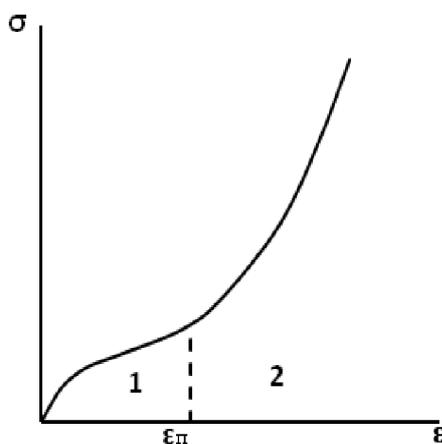
<sup>1</sup>Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

<sup>2</sup>ООО «РАН КОМПЛЕКТ», Россия

<sup>3</sup>Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна,  
Россия

Одной из задач механики нитей является задача, связанная с расширением информативности диаграмм растяжения нитей [1], частным случаем которой является задача об установлении взаимосвязи между формами диаграмм растяжения нитей и применением принципа температурно - временной аналогии (ТВА) для описания и прогнозирования ползучести нитей при различных температурах испытаний нитей в изотермических условиях.

Для решения сформулированной задачи в качестве объектов исследования были выбраны нити, формы диаграмм растяжения которых в области малых и средних деформаций идентичны (рис.1): капроновая нить (линейная плотность 29 текс,  $\varepsilon_p = 12,4\%$ ,  $\sigma_p = 0,7$  ГПа) и нить СВМ (линейная плотность 58,8 текс,  $\varepsilon_p = 3,16\%$ ,  $\sigma_p = 1,48$  ГПа).



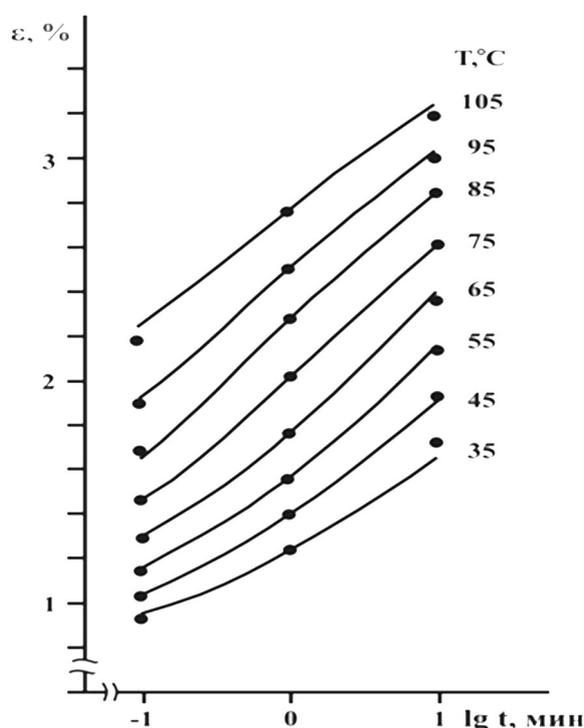
**Рис. 1. Схематическое изображение фрагмента диаграммы растяжения нити при температуре 20°C**

**(1– область малых деформаций; 2 – область средних деформаций;  $\varepsilon_p$  – координата точки перегиба)**

Из анализа фрагмента диаграммы растяжения, приведенной на рис.1, следует, что зависимость текущего модуля от деформации характеризуется наличием минимума. В области малых деформаций значения текущего модуля уменьшаются с ростом деформации, в области средних деформаций величина текущего модуля увеличивается с ростом деформации. Следует

отметить, что в области предразрывных относительных удлинений величина текущего модуля для капроновой нити уменьшается с ростом деформации, в то время как для исследованной нити СВМ величина текущего модуля практически не зависит от роста деформации.

Эксперименты по изучению возможности применения ТВА к описанию ползучести нити в изотермических условиях предполагают получение семейства кривых ползучести, соответствующих различным температурам и одинаковым напряжениям. Полученное семейство кривых ползучести для заданного напряжения в координатах  $\varepsilon - \ln t$  ( $t$  - время) при горизонтальном сдвиге образует обобщенную кривую. На рис.2 представлены экспериментальные кривые ползучести капроновой нити в координатах  $\varepsilon - \lg t$ , соответствующие напряжению  $\sigma = 40 \text{ МПа}$ .



**Рис. 2. Ползучесть капроновой нити при разных температурах при  $\sigma = 40 \text{ МПа}$**   
( ——— - экспериментальные кривые, • – расчет)

Из приведенных графиков (рис.2) следует, что в температурном интервале 20-105°C семейство кривых ползучести включает в себя кривые ползучести, характеризующиеся увеличением параметра скорости ползучести  $\frac{d\varepsilon}{d \lg t}$  с увеличением времени пребывания нити под нагрузкой, кривыми ползучести S-образной формы и кривыми ползучести, характеризующимися уменьшением параметра скорости ползучести с увеличением времени пребывания нити под нагрузкой.

Запишем уравнение ползучести, учитывающее наличие упругой и высокоэластической деформации при растяжении нити:

$$\varepsilon(t) = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 \frac{2}{\pi} \operatorname{arctg} \left[ \frac{t}{\tau(T)} \right]^k, \quad (1)$$

где  $\varepsilon(t)$  - суммарная деформация;  $t$  - время;  $\varepsilon_1$  - упругая деформация, определяется при  $t = 0$ ;  $\varepsilon_2$  - высокоэластическая деформация, определяется при  $t \rightarrow \infty$ ;  $\tau(T)$  - время запаздывания, зависящее от температуры  $T$ ;  $k$  - постоянная.

Теоретически доказано, что уравнение (1) с функцией арктангенса от степенного аргумента может применяться для описания ползучести нитей с применением принципа ТВА, т.е. семейство кривых, построенных в координатах  $\varepsilon - \ln t$  с применением уравнения (1) при постоянных значениях  $\varepsilon_1, \varepsilon_2, k$  и заданной функцией  $\tau(T)$ , при их горизонтальном сдвиге образует обобщенную  $S$ -образную кривую. Поэтому уравнение (1) использовалось для исследования возможности описания ползучести нитей при различных температурах с применением принципа ТВА. Отметим, что для доказательства возможности описания ползучести нитей с применением принципа ТВА в уравнение (1) вместо функции арктангенса от степенного аргумента можно использовать, например, функцию Кольрауша, интеграл вероятности или дробно-степенную функцию [2,3]. При этом, однако, следует учесть, что при применении в качестве функции ползучести той или иной функции может измениться и температурно-временной интервал описания ползучести нити с применением принципа ТВА.

Значения деформации  $\varepsilon_1$  и  $\varepsilon_2$ , входящие в уравнение (1), определяли с применением принципа ТВА графическим методом с использованием свойств функции арктангенса от степенного аргумента (точка перегиба для данной функции достигается при  $0,5 \varepsilon_2$ ).

Для вычисления  $k$  использовалась формула, выведенная из уравнения (1) при  $t = \tau$ :

$$k = \frac{\pi}{\varepsilon_2} \frac{d\varepsilon(t)}{d \ln t} \Big|_{\max}.$$

Расчетные значения  $\varepsilon_1, \varepsilon_2, k$  для капроновой нити: 1- при  $\sigma = 14$  МПа,  $\varepsilon_1 = 0,183\%$ ,  $\varepsilon_2 = 1,325\%$ ,  $k = 0,27$ ; 2- при  $\sigma = 40$  МПа,  $\varepsilon_1 = 0,459\%$ ,  $\varepsilon_2 = 3,408\%$ ,  $k = 0,24$ .

Для вычисления  $\tau(T)$  использовалась формула, выведенная из уравнения (1):

$$\tau(T) = t \left( \sqrt[k]{\operatorname{tg} \frac{\pi}{2} \cdot \frac{\varepsilon(t) - \varepsilon_1}{\varepsilon_2}} \right)^{-1}.$$

Расчетные значения  $\lg \tau(T)$  от  $T^{-1}$  при  $t = 1$  мин. в температурном интервале 20-105°C аппроксимируются линейными функциями:

при  $\sigma = 14$  МПа,  $\lg \tau(T) = -11 T^{-1} + 4,28$ ; при  $\sigma = 40$  МПа,  $\lg \tau(T) = -10 T^{-1} + 3,66$ .

На рис. 2 приведены экспериментальные и расчетные кривые, последние получены с применением уравнения (1). При сравнении экспериментальных и расчетных кривых отмечено хорошее их соответствие.

Для нити СВМ температурный интервал испытаний на ползучесть 20-200°C, временной интервал 0,1-10 мин. При  $\sigma = 780$  МПа,  $\varepsilon_1 = 0,74\%$ ,  $\varepsilon_2 = 0,62\%$ ,  $k = 0,30$ . При  $\sigma = 1060$  МПа,  $\varepsilon_1 = 1,01\%$ ,  $\varepsilon_2 = 0,82\%$ ,  $k = 0,30$ . Зависимость,  $\lg\tau(T)$  от  $T^{-1}$ , так же как и для капроновой нити, линейна. При сравнении расчетных и экспериментальных кривых ползучести нити СВМ при  $\sigma = 780$  МПа и  $\sigma = 1060$  МПа также наблюдается хорошее соответствие.

Таким образом, из приведенного материала следует, что в области малых деформаций и напряжений для описания ползучести исследованных нитей в рассмотренном температурно-временном интервале применим принцип ТВА.

При сопоставлении величин деформаций  $\varepsilon_1, \varepsilon_2$  и  $\sigma$ , при которых протекает процесс ползучести нитей, с величинами  $\varepsilon$  и  $\sigma$ , полученными из диаграмм растяжения при температуре 20°C, соответствующих скоростям деформаций,  $V_{\max}$  и  $V_{\min}$ , ( $V_{\max}$  - скорость деформации больше которой диаграммы растяжения практически неразличимы,  $V_{\min}$  - скорость деформации меньше которой диаграммы растяжения практически не различимы), приходим к выводу, что область диаграмм растяжений, характеризующихся уменьшением текущего модуля (рис.1, область1), определяет возможность применения принципа ТВА для описания ползучести нити. Причем, необходимым условием для диаграмм растяжений, по которым оценивается возможность применения ТВА, является наличие минимума в зависимости текущего модуля от деформации (форма диаграммы растяжения, приведенной на рис.1) и неизменность величины модуля упругости нити при различных скоростях деформаций.

## Литература

1. Тер - Микаэлян П.Ю., Саркисов А.Ш., Шаблыгин М.В., Саркисов В.Ш. К описанию диаграмм растяжения комплексной полиэфирной нити при высоких скоростях деформации // Известия ВУЗов. Технология легкой промышленности. – 2009. – Т.4. – №2. – С. 72 -75.

2. Сталевич А.М. Расчетное прогнозирование нагруженных состояний синтетических нитей // Известия ВУЗов. Технология легкой промышленности. – 1989. – № 3 – С. 23 – 29.

3. Тер - Микаэлян П.Ю., Саркисов А.Ш., Шаблыгин М.В., Тиранов В.Г., Саркисов В.Ш. К описанию релаксации напряжения в нитях из жесткоцепных полимеров // Известия ВУЗов. Технология легкой промышленности. – 2011. – Т.13. – № 3. – С.44-47.

## СВОЙСТВА СТЕКЛЯННЫХ И УГЛЕРОДНЫХ ВОЛОКОН

*Тимко А.Ю.*

Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

Часто при изготовлении высокопрочных тканей, выдерживающих высокие температуры, используются кварцевые, углеродные нити. Отметим их основные свойства.

*Кварцевое волокно.* Высокотемпературустойчивые кварцевые волокна (точнее нити) получают из чистого кварцевого стекла. Неорганические жаростойкие (высокотемпературостойкие) кварцевые волокна, обладают высокими диэлектрическими, акустическими, оптическими, химическими свойствами [1].

Диаметр непрерывного кварцевого волокна 10,5 мкм. Волокно обладает высокими свойствами на разрыв, МПа 6000, электрическим сопротивлением и применяется как диэлектрик. Удельное объемное электрическое сопротивление, Ом км

при 20°C 1017-1018

при 250°C 1010

при 800°C 2x107

Поверхностная электропроводность в условиях повышенной влажности не превышает, Ом<sup>-1</sup> 1012

Температура плавления, °C 1720-2200

Температура эксплуатации, °C

длительно от -250 до +1200

кратковременно от -250 до +2000

Сочетает в себе низкую теплопроводность и высокую стойкость к тепловому удару, низкий коэффициент теплового расширения, низкая проводимость при высокой температуре и влажности, низкая диэлектрическая постоянная (3 - 4) и тангенс угла электрических потерь ( $1.5 \times 10^{-4}$ ) в области температур от 0 до 700 °C. Высокая стойкость к воде, пару, различным кислотам (кроме HF и H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>) и другим химическим реагентам. Высокая механическая прочность [2].

Благодаря уникальному сочетанию свойств материалы из кварцевого волокна успешно эксплуатируются при высоких температурах и давлениях, в условиях высокой влажности и в агрессивных средах, в качестве тепло- и электроизоляции, теплозащиты, высокотемпературного наполнителя конструкционных и теплозащитных композитов, фильтров для горячих агрессивных растворов, газов.

*Углеродное волокно.* Углеродное волокно (УВ) – материал, состоящий из тонких нитей диаметром от 5 до 15 микрон, образованных преимущественно атомами углерода. Углеродные волокна характеризуются

низким удельным весом, низким коэффициентом температурного расширения и химической инертностью [1]. УВ имеют исключительно высокую теплостойкость: при тепловом воздействии вплоть до 1600—2000 °С в отсутствие кислорода механические показатели волокна не изменяются. Это предопределяет возможность применения УВ в качестве тепловых экранов и теплоизоляционного материала в высокотемпературной технике. На основе УВ изготавливают углерод-углеродные композиты, которые отличаются высокой абляционной стойкостью. УВ устойчивы к агрессивным химическим средам, однако окисляются при нагревании в присутствии кислорода. Их предельная температура эксплуатации в воздушной среде составляет 300 – 350°С.

Благодаря высокой химической стойкости УВ применяют для фильтрации агрессивных сред, очистки газов, изготовления защитных костюмов и др. Изменяя условия термообработки, можно получить УВ с различными электрофизическими свойствами (удельное объёмное электрическое сопротивление от  $2 \cdot 10^{-3}$  до  $10^6$  Ом/см) и использовать их в качестве разнообразных по назначению электронагревательных элементов, для изготовления термопар и др. [2].

Активацией УВ получают материалы с большой активной поверхностью (300 – 1500 м<sup>2</sup>/г), являющиеся прекрасными сорбентами. Нанесение на волокно катализаторов позволяет создавать каталитические системы с развитой поверхностью.

Обычно УВ имеют прочность порядка 0,5 – 1 Гн/м<sup>2</sup> и модуль 20 – 70 Гн/м<sup>2</sup>, а подвергнутые ориентационной вытяжке – прочность 2,5 – 3,5 Гн/м<sup>2</sup> и модуль 200 – 450 Гн/м<sup>2</sup>. Благодаря низкой плотности (1,7 – 1,9 г/см<sup>3</sup>) по удельному значению (отношение прочности и модуля к плотности) механических свойств УВ превосходят все известные жаростойкие волокнистые материалы. Разработаны композиционные материалы на основе УВ и керамических связующих, УВ и углеродной матрицы, а также УВ и металлов, способные выдерживать более жесткие температурные воздействия, чем обычные пластики [2].

УВ применяют для армирования композиционных, теплозащитных, хемостойких материалов в качестве наполнителей в различных видах углепластиков. Наиболее емкий рынок для УВ в настоящее время - производство первичных и вторичных структур в самолетах «Боинг» и «Аэробус», а также всевозможных ракетных установках, шатлах и зондах. Из УВМ изготавливают электроды, термопары, экраны, поглощающие электромагнитное излучение, изделия для электро- и радиотехники. На основе УВ получают жесткие и гибкие электронагреватели, в том числе ставшие популярными «карбоновые нагреватели», обогреваемую одежду и обувь. Углеродный войлок – единственно возможная термоизоляция в вакуумных печах, работающих при температуре 1100 °С и выше. Благодаря химической инертности углеволокнистые материалы используют в качестве

фильтрующих слоев для очистки агрессивных жидкостей и газов от дисперсных примесей. Широкое применение находят УВ в медицине для очистки крови и других биологических жидкостей, в специальных салфетках для лечения гнойных ран, ожогов и диабетических язв. Широко применяются в автоспорте в качестве изготовления деталей кузова [2].

*Бесщелочное волокно.* Повышенное содержание щелочей в стекле резко снижает прочность стеклянных волокон. Бесщелочные волокна (марки «Е») могут успешно применяться для процесса армирования.

На сегодняшний день в мире выпускается 2 типа стекловолокна марки Е. В большинстве случаев Е-стекло содержит 5-6 масс. % оксида бора. Современные экологические нормы в США и Европе запрещают выброс бора в атмосферу. В то же время известно, что в процессе стеклообразования происходит обеднение стекломассы некоторыми компонентами за счет их улетучивания. Из компонентов шихты наибольшей летучестью обладают борная кислота и ее соли, оксид свинца, оксид сурьмы, селен и некоторые его соединения, а также хлориды. Летучесть, рассчитанная на 1% содержания оксида в обычных стеклах, составляет для отдельных оксидов в масс. %:  $\text{Na}_2\text{O}$  (из  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) – 0,03,  $\text{K}_2\text{O}$  (из  $\text{K}_2\text{CO}_3$ ) – 0,12,  $\text{B}_2\text{O}_3$  – 0,15,  $\text{ZnO}$  – 0,04,  $\text{PbO}$  – 0,14,  $\text{CaF}_2$  – до 0,5. Таким образом, современные предприятия вынуждены устанавливать у себя дорогие системы фильтрации.

В качестве альтернативы возможно получение Е-стекол, не содержащих бора. Такие продукты уже существуют на рынке, например волокно Advantex (Owens Corning Corp.). В России такие стекла под марками Т-273А и Кт разработал НПО СТЕКЛОПЛАСТИК. Состав борсодержащего стекловолокна и стекловолокна без оксида бора значительно отличается друг от друга. Содержание оксида кремния в борсодержащих стеклах марки «Е» составляет 52-56%. Для стекловолокна без оксида бора содержание оксида кремния несколько выше и лежит в интервале 59-61%. Содержание оксида алюминия для обоих типов стекла Е близко и составляет 12-15%. Содержание оксида кальция также отличается незначительно – 21-23%. Содержание оксида магния в стекле варьируется в широких пределах. Отличительной особенностью Е-стекол, не содержащих бор, является повышенное содержание в них оксида титана – от 0,5 до 1,5%, в то время как в классическом Е стекле его содержание находится в пределах 0,4-0,6%. Температура получения волокон из борсодержащего Е-стекла составляет 1140-1185°C. Температура плавления составляет 1050-1064°C. Таким образом, температура получения волокон на основе Е-стекла лежит на 80-90°C выше температуры плавления. В отличие от своего экологически чистого аналога борсодержащие волокна из Е-стекла имеют более низкую (на 110°C) температуру получения, которая составляет 1250-1264°C, а температуру плавления 1146-1180°C. Температуры размягчения для волокон на

основе борсодержащих Е-стекло и Е-стекло без оксида бора составляют 830-860°С и около 916°С соответственно.

Механические свойства обоих видов волокон на основе Е-стекла почти одинаковы. Прочность на разрыв составляет 3100-3800 МПа. Однако модуль упругости у волокон без оксида бора несколько выше (80-81 ГПа), чем у обычных волокон (76-78 ГПа). Основным отличием стекловолокна марки Е без бора является более чем в 7 раз большая кислотостойкость (выдержка при комнатной температуре в течение 24 часов в 10% растворе серной кислоты). Плотность борсодержащих стеклянных волокон несколько ниже ( $2,55 \text{ г/см}^3$ ) по сравнению со своим экологически чистым аналогом ( $2,62 \text{ г/см}^3$ ).

Таблица

Физико-механические свойства бесщелочных нитей

Свойства	Тип волокна Е (с бором)	Тип волокна Е (без бора)
Температура формирования, °С	1160-1196	1260
Температура размягчения, °С	830-860	916
Температура плавления, °С	1066-1077	1200
Плотность, $\text{г/см}^3$	2,54-2,55	2,62
Коэффициент линейного расширения, $10^{-6}\text{С}^{-1}$	4,9-6	6
Диэлектрическая постоянная (20С, 1МГц), Ф/м	5,86-6,6	7
Прочность, МПа	3100-3500	3100-3500
Модуль упругости, ГПа	76-78	80-81
Удлинение до разрыва, %	4,5-4,9	4,6

Для электрической изоляции применяется только бесщелочное (или малощелочное) алюмосиликатное или алюмоборосиликатное стекловолокно. Для конструкционных стеклопластиков, как правило, используют бесщелочное магнийалюмосиликатное или алюмоборосиликатное стекловолокно. Для стеклопластиков неотвественного назначения можно употреблять и щелочесодержащее стекловолокно [3].

#### Литература

1. Симакура С. Углеродные и кварцевые волокна. – М.: «Мир», 1987.
2. Конкин А.А. Углеродные и другие жаростойкие волокнистые материалы. – М.: 1974.
3. Гутников С.И., Лазорак Б.И., Селезнев А.Н. Стекловолоконные волокна // учеб. пособие для студентов по специальности «Композитные наноматериалы», МГУ им. М.В.Ломоносова. – М.: 2010.

# КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ТРИКОТАЖНЫХ ПОЛОТЕН, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ВЕРХНИХ ИЗДЕЛИЙ

*Люкишинова И.В.*

Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

Одежда имеет не маловажное значение в жизни человека. Прежде всего, она предназначена для сохранения жизни и здоровья человека, а так же для защиты от механических и химических повреждений. Для того чтобы одежда выполняла свое назначение и способствовала защите здоровья людей, она должна удовлетворять ряду требований.

В данной работе исследовались трикотажные полотна, предназначенные для изготовления верхних изделий. Их характеристика приведена в табл. 1.

Таблица 1

Характеристика исследуемых образцов трикотажных полотен

№ тка-ни	Наименование	Поверхностная плотность трикотажных полотен [г/м <sup>2</sup> ]	Линейная плотность нитей, текс	Плотность трикотажных полотен, число петель на 100 мм		Волокнистый состав	Переплетение
				П <sub>в</sub>	П <sub>г</sub>		
1	Полотно № 1	330	42,4	31	30	50% - шерсть 50% - вискоза	Ластик 1*1
2	Полотно №2	446	45,3	82	60	70% - шерсть 30% - вискоза	Ластик 1*1
3	Полотно № 3	297	39,4	74	51	20% - шерсть 80% - лавсан	Гладь
4	Полотно № 4	125	35,6	40	43	70% - вискоза 30% - ацетат	Гладь
5	Полотно № 5	330	43,1	115	75	50% - вискоза 50% - лавсан	3-х цвет-ный жаккард

Как видно из табл.1, наибольшей плотностью обладает трикотажное полотно № 2, которое состоит из вискозы и шерсти, а наименьшей плотностью обладает полотно № 4, состоящее из ацетата и вискозы.

В работе исследовались характеристики, приведенные в табл. 2.

Таблица 2

## Исследование свойств трикотажных полотен

№ полотна	Стойкость к истиранию, циклы		Воздухопроницаемость, $\text{дм}^3/(\text{м}^2\text{с})$	Усадка, %	
	Масса груза, кг			по длине	по ширине
	1,0	1,5			
1	97	69	248	1,7	3,2
2	119	83	167	1,8	3,7
3	116	75	256	1,9	3,1
4	75	65	293	1,5	2,0
5	61	68	237	1,7	2,5

Анализируя данные таблицы видно, что:

- наибольшей стойкостью к истиранию обладает полотно № 2, наименьшей – полотно варианта 5, что объясняется поверхностной плотностью полотен.

- наибольшей воздухопроницаемостью обладает вариант полотна 4, а наименьшей вариант 2, что объясняется значением плотности – для 5-го варианта она составляет  $446 \text{ г/м}^2$ , а для 4-го –  $125 \text{ г/м}^2$ .

- анализируя данные по усадке, можно сказать, что она больше по ширине трикотажного полотна. По длине трикотажные полотна обладают практически одинаковой усадкой. По ширине наибольшая усадка у полотна варианта 2, а наименьшая у полотна варианта 4, что объясняется волокнистым составом.

Комплексная оценка показателей качества трикотажных полотен приведена на рис.1.

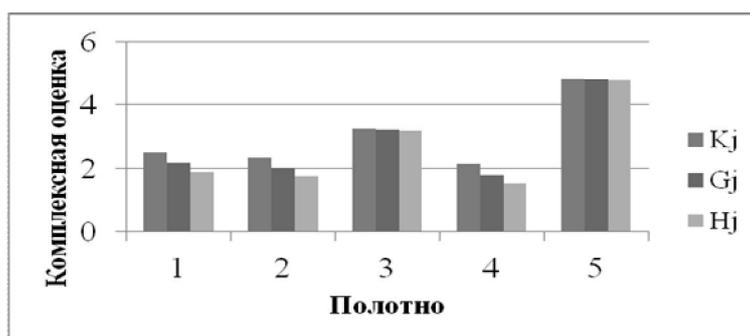


Рис. 1. Комплексная оценка качества трикотажных полотен

**Kj** – средний арифметический комплексный показатель; **Gj** – средний геометрический комплексный показатель; **Hj** – средний гармонический комплексный показатель

В результате проведенной комплексной оценки получено, что наилучшим трикотажным полотном является полотно № 5, а наихудшим полотно № 4.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТИ ПРИ ПРОРЕЗАНИИ ТКАНЕЙ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ ПОСЛЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ РАСТВОРИТЕЛЯ

*Курденкова А.В.<sup>1</sup>, Рогова А.Н.<sup>2</sup>, Федулова Т.Н.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

<sup>2</sup>НИИ Проблем хранения Росрезерва, Россия

Костюмы для защиты от общих производственных загрязнений наиболее часто используются среди спецодежды, так как эти загрязнения разнообразны: это пыль, грязь, сажа, все виды химических загрязнений, металлические опилки, пыль, различные виды отделочных строительных материалов, машинное масло. Для удаления загрязнений используется процесс стирки, который может сопровождаться предварительным использованием растворителя для удаления пятен.

Для определения стойкости к действию растворителя за основу была взята методика, указанная в ГОСТ 9733.13 [1]. Для проведения испытаний необходимо следующее оборудование: стакан стеклянный вместимостью 600 см<sup>3</sup>, палочка стеклянная со сплюсненным концом, растворитель № 646. Потом готовят рабочую пробу, которую в дальнейшем непрерывно перемешивают в растворителе в течение 30 мин при комнатной температуре при модуле ванны 40:1. При перемешивании каждые 2 мин рабочую составную пробу необходимо прижимать к стенкам сосуда стеклянной палочкой, не вынимая ее из растворителя. По окончании испытания рабочую пробу отжимают для удаления избытка растворителя и сушат на воздухе при (80±2)°С.

Для исследования выбрали 6 образцов саржевого переплетения (табл. 1). Ткани отличаются плотностью по основе и утку, а также линейной плотностью нитей. Волокнистый состав тканей также варьировали [2].

Таблица 1

Структурные характеристики исследуемых тканей

Наименование показателей	Наименование ткани					
	Томбой	Премьер Standard 250	Стимул-240	Грета	Балтика	ТЕМП-1
Поверхностная плотность ткани М1, г/м <sup>2</sup>	245	250	241	235	241	220
Линейная плотность нитей основы Т <sub>о</sub> , текс	32,0	42,0	42,2	35,0	41,8	31,2
Линейная плотность нитей утка Т <sub>у</sub> , текс	60,2	48,0	59,6	52,1	59,6	58,0
Плотность по основе П <sub>о</sub> , нитей основы / 100 мм	336	318	320	368	310	381

Плотность по утку $P_y$ , нитей / 100 мм	248	200	200	214	200	160
Толщина ткани $b$ , мм	0,43	0,36	0,40	0,38	0,45	0,41

Для проведения испытаний использовались специальные зажимы для испытательной системы Инстрон серии 4411, а также насадки в виде ножей с одним и двумя острыми краями. Результаты определения нагрузки при прорезании тканей специального назначения приведены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты определения нагрузки при прорезании, Н

Вид воздействия	Наименование ткани					
	Томбой	Премьер Standard 250	Стимул-240	Грета	Балтика	ТЕМП-1
Стирки	Нагрузка при прорезании ножом с двумя острыми краями					
0	356,3	312,3	263,6	322,0	203,5	243,2
1	295,3	267,7	217,1	273,4	154,0	199,7
5	276,8	255,2	191,8	263,1	118,7	173,7
10	273,2	246,5	183,0	252,8	103,6	155,9
25	270,4	236,0	167,9	236,4	92,8	144,3
50	270,1	206,2	152,1	224,1	80,6	137,6
Опытная носка	Нагрузка при прорезании ножом с двумя острыми краями					
1 мес.	293,0	269,6	215,6	276,5	143,4	189,5
6 мес.	281,0	234,3	173,8	233,7	88,4	144,3
12 мес.	276,4	203,9	152,8	228,4	84,9	141,7
Стирки	Нагрузка при прорезании ножом с одним острым краем					
0	484,5	424,8	358,5	437,9	276,7	330,7
1	407,1	369,6	300,7	377,3	215,0	277,1
5	382,0	352,6	266,4	363,3	186,5	241,7
10	377,1	340,7	254,4	349,3	146,4	217,5
25	373,3	326,5	233,8	327,1	131,7	201,8
50	372,8	285,9	212,4	310,2	115,1	192,7
Опытная носка	Нагрузка при прорезании ножом с одним острым краем					
1 мес.	404,0	372,2	298,7	381,6	200,6	263,3
6 мес.	387,6	324,2	241,8	323,3	125,8	201,8
12 мес.	381,5	282,9	213,3	316,1	120,9	198,2

Из табл. 2 видно, что при воздействии растворителя стойкость к механическим воздействиям снижается. Наибольшую нагрузку при прорезании имеет ткань Томбой, выработанная с наибольшей плотностью нитей. Наименьшую стойкость к прорезанию имеет ткань Балтика, выработанная с наименьшей плотностью нитей. Установлена взаимосвязь между опытной и лабораторной ноской. Можно отметить, что нагрузка при прорезании образцов после 50 стирок соответствует 1 году опытной носки.

## Литература

1. ГОСТ 9733.13. Материалы текстильные. Метод испытания устойчивости окраски к органическим растворителям
2. Курденкова А.В., Шустов Ю.С., Федулова Т.Н., Асланян А.А. Исследование воздействия краски на ткани специального назначения // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2014. – №1. – С.18-21.

### **ВОДОПОГЛОЩЕНИЕ ТРИКОТАЖНЫХ ПОЛОТЕН ИЗ МИНЕРАЛЬНЫХ И СИНТЕТИЧЕСКИХ НИТЕЙ**

*Баева Н.Н.<sup>1</sup>, Шленникова О.А.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Московский государственный университет управления и технологий  
им. К.Г. Разумовского, Россия

<sup>2</sup> Производственно-коммерческая фирма «ЭКМ», Россия

В последние годы существенно увеличилась потребность в полимерных композитах, армированных волокнистыми материалами. К таким перспективным материалам относятся трикотажные полотна, полученные из минеральных и синтетических нитей. Создание композитов с заданными свойствами предполагает необходимость изучения влияния различных факторов, таких как жидкие среды, в частности вода, на свойства наполнителей.

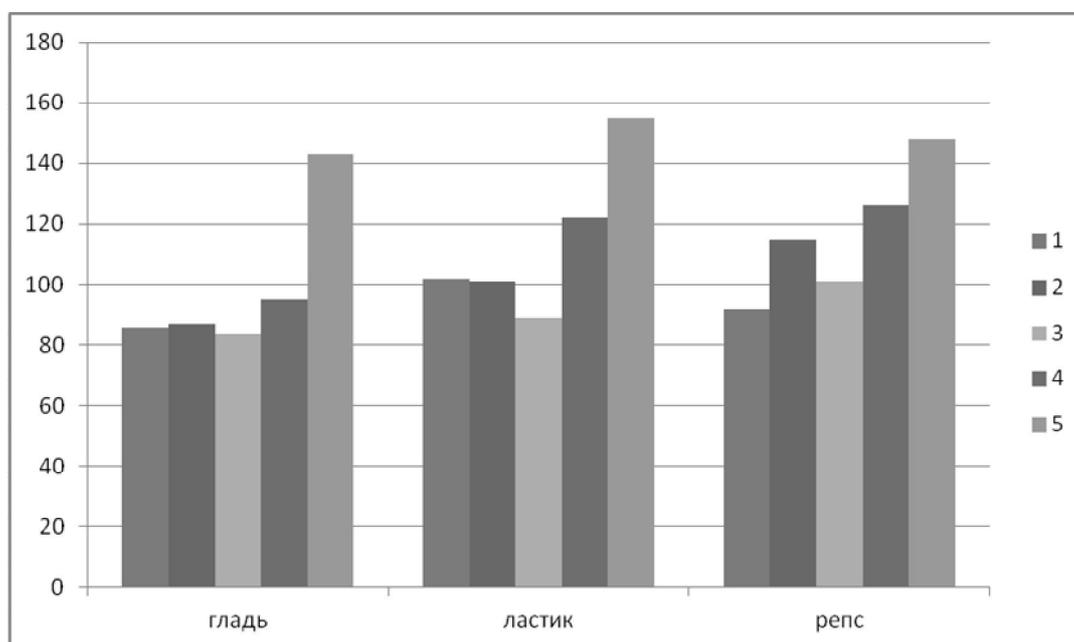
Целью работы является изучение водопоглощения трикотажных полотен различных переплетений, полученных из минеральных и синтетических нитей.

Для вязания трикотажных полотен использовались минеральные нити: кремнеземные марки K11C6 170, линейной плотности 170 текс, базальтовые марки BC<sub>10</sub>68S28 - 68,8 текс и арамидные нити - 29,4 текс. Трикотажные полотна возможно использовать для создания наполнителей гибридных композитов, где в одном слое содержатся волокна различных типов. Способность полотен поглощать воду при полном погружении в неё характеризуется показателями водопоглощения и водоемкостью. При определении этих значений из трикотажных полотен вырезают образцы размером 50 x 50 мм и погружают их в воду на 60 сек. Затем образцы вынимают и помещают между слоями фильтровальной бумаги, снимают удерживаемую поверхностью образца влагу. На аналитических весах взвешивают исходный образец и увлажненный. Водопоглощение  $V_{\text{п}}$  вычисляют по формуле:

$$V_{\text{п}} = \frac{m_{\text{в}} - m_{\text{с}}}{m_{\text{с}}} 100\%$$

где  $m_{\text{в}}$  – масса увлажненного образца, г;  $m_{\text{с}}$  – масса исходного образца, г.

Исследовались трикотажные полотна главных базовых переплетений: гладь и ластик, а также комбинированное переплетение репс. Это распространенное переплетение, в котором ряды ластика 1+1 чередуются с рядами глади. Текстильные материалы способны поглощать влагу при непосредственном соприкосновении с водой за счет механического захвата частиц воды структурой материала и сорбции влаги полимером волокна. Известно, что для минеральных волокон влагопоглощение составляет от 0,02 до 1,7% (в зависимости от типа волокон). Структура трикотажного полотна, образованная различными видами петель, представляет пористый материал. На рис. 1 представлены гистограммы водопоглощения для трикотажных полотен различных переплетений.



**Рис. 1. Водопоглощение образцов трикотажных полотен из различных видов нитей (1 – кремнезём, 2 – кремнезём + базальт, 3 – базальт, 4 – кремнезём + арамид, 5 – арамид)**

Капиллярная структура любого волокнистого материала складывается из микроструктуры вещества волокна и макроструктуры текстильного материала.

Для трикотажных полотен из минеральных нитей полученные результаты можно объяснить механическим захватом частиц воды порами, образованными петлями трикотажа. При этом для всех полотен переплетения гладь значения водопоглощения ниже, чем показатели для полотен переплетений ластик и репс. В одинарном переплетении гладь поры располагаются в одной плоскости. В переплетении ластик 1+1 петли по линии петельных рядов связаны протяжками таким образом, что лицевая петля одного петельного слоя соединена с соседней петлёй другого петельного слоя. Петли двух петельных слоёв образуют поры, удерживающие частицы

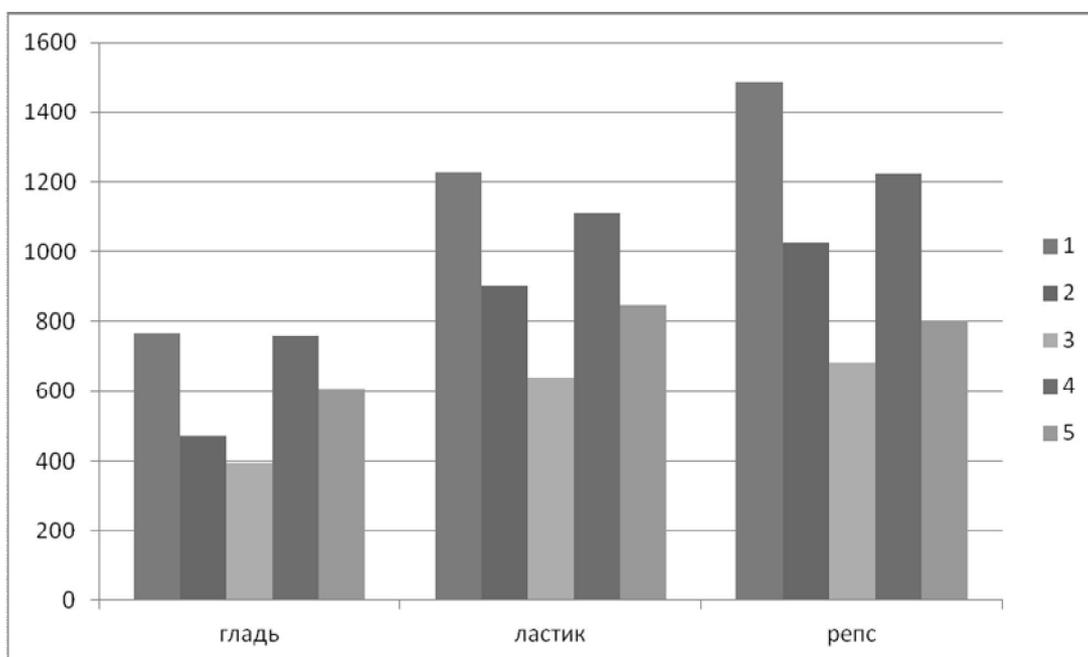
воды. Однако это переплетение трикотажа имеет систему открытых петель. В переплетении репс одна сторона образована увеличенными петлями ластика, а другая – затянутыми петлями ластика и глади, при этом петли глади создают выпуклость. В трикотажном полотне такого переплетения поры имеют объёмную форму, открытую с одной стороны, образованную увеличенными петлями ластика, и закрытую с другой стороны – образованную затянутыми петлями глади. Частицы воды при непосредственном контакте проникают в поры увеличенных петель и задерживаются в полотне. Для трикотажных полотен из арамидной пряжи водопоглощение объясняется не только механическим захватом частиц воды, но и сорбционными свойствами полимерных волокон. В элементарном звене исследуемых арамидных волокон в составе амидных и имидных групп присутствуют атомы азота, которые могут обеспечивать повышенные гигроскопические свойства этих нитей.

Водоемкость или намокаемость  $[г/м^2]$  характеризуется количеством поглощенной воды в пересчете на  $1 м^2$ :

$$B_c = \frac{m_v - m_c}{F} .$$

где  $F$  – площадь замоченного в воде образца,  $мм^2$ .

Гистограмма изменения водоемкости трикотажных полотен различных переплетений из минеральных и синтетических нитей представлена на рис.2.



**Рис. 2. Водоемкость образцов трикотажных полотен из различных видов нитей (1 – кремнезём, 2 – кремнезём + базальт, 3 – базальт, 4 – кремнезём + арамид, 5 – арамид)**

При анализе результатов отмечается, что вид переплетения влияет на водоемкость трикотажных полотен. Наибольший показатель водоемкости имеют полотна двойных переплетений, т.е. ластик 1+1 и репс, наименьший – одинарные (переплетение гладь).

Особый интерес представляют наполнители гибридных внутрислойных материалов, у которых в одном слое содержатся волокна различных типов. К таким материалам относятся полотна, образованные из стеклянных и арамидных нитей или из стеклянных и базальтовых. Использование гибридных наполнителей путем совмещения в трикотажных полотнах волокон различной природы является эффективным средством регулирования свойств композитов.

Таким образом, показатели водопоглощения и водоемкости трикотажных полотен зависят от переплетения и вида сырья. Для трикотажа одинарного переплетения водопоглощение и водоемкость меньше, чем для трикотажа двойных переплетений. Для трикотажных полотен из минеральных нитей показатель водопоглощения меньше, чем для полотен из синтетических нитей.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ И ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ЛЬНЯНЫХ КОСТЮМНЫХ ТКАНЕЙ С ЦЕЛЬЮ ИХ СЕРТИФИКАЦИИ**

*Гриднева Т.М.*

**Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия**

Обеспечение стабильного развития текстильной промышленности, увеличение выпуска конкурентоспособного ассортимента тканей является актуальной задачей. Важным элементом стратегии повышения качества и увеличения конкурентоспособности тканей является добровольная сертификация.

Целью данной работы является исследование свойств льняных тканей костюмного назначения и проведения добровольной сертификации. Для исследования были отобраны 4 образца льняных костюмных тканей. Все образцы производства Белоруссии и были куплены в ООО «Текстиль».

Таблица 1

Сырьевой состав исследуемых образцов

Ткань	Сырьевой состав, %			
	лен	хлопок	полиэстер	шерсть
1	92	8	–	–
2	96	4	–	–
3	92	–	8	–
4	92	–	–	4

Таблица 2

## Характеристики массы исследуемых тканей

Наименование показателя	Номер образца ткани			
	1	2	3	4
Поверхностная плотность ткани $M_1$ , г/м <sup>2</sup>	171	184	220,9	217,7
Средняя плотность ткани $\delta_t$ , г/см <sup>3</sup>	0,46	0,31	0,60	0,62

В соответствии с законом «О техническом регулировании» и Техническим Регламентом Таможенного Союза ТР ТС 017/2011 «О безопасности продукции легкой промышленности» льняные костюмные ткани подвергаются декларированию на соответствие показателей безопасности:

- устойчивость окраски текстильных материалов к стирке, поту, сухому трению и дистиллированной воде должна быть не менее 3 баллов, в зависимости от нормируемых видов воздействия;
- воздухопроницаемость (дм<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>с) не менее 50;
- уровень напряженности электростатического поля на поверхности изделия, кВ/м, не более 15;
- содержание свободного формальдегида, мкг/г, не более 300.

Декларирование проводится по схеме 3д. Исследуемые льняные костюмные ткани были проверены на показатели безопасности – все показатели соответствуют нормам ТР ТС 017/2011. В соответствии с Перечнем стандартов, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований Технического Регламента Таможенного Союза «О Безопасности продукции легкой промышленности» (ТР ТС 017/2011) льняные костюмные ткани подвергаются установлению соответствия по ГОСТ 15968-87 «Ткани чистольняные, льняные и полульняные одежные. Общие технические условия».

В данной работе была проведена добровольная сертификация. Для исследования свойств был проведен выбор определяющих показателей с помощью экспертного метода. Определяющими показателями качества являются:

- разрывная нагрузка,
- усадка после стирки,
- стойкость к истиранию по плоскости,
- гигроскопичность,
- воздухопроницаемость,
- устойчивости окраски к трению.

Установление соответствия вида и процентного состава сырья показало, что все исследуемые образцы тканей соответствуют данным, указанным на ярлыке. По результатам испытания видно: наибольшую линейную плотность основных нитей имеет ткань 4 (уточных – ткань 2), а наименьшую – ткань 3 по основе и ткань 4 по утку. Наибольшее число нитей на

100 мм имеет ткань 4 по основе и по утку, а наименьшее – ткань 2 по основе и по утку.

Прочность по основе у всех тканей больше, чем по утку, а относительное разрывное удлинение, наоборот, меньше по основе и больше по утку. Наибольший коэффициент вариации по разрывной нагрузке по основе и утку имеют ткани 4, наименьший – ткани 1. Исходя из показателей разрывного напряжения и удельной разрывной нагрузки, наибольшей прочностью обладает ткань 1 по основе и по утку, наименьшей – ткань 4 по основе и по утку. Наибольшее значение абсолютной разрывной нагрузки по основе имеет ткань 3, наименьшее – ткань 2.

Наибольшей долговечностью обладает ткань 4, имеющая наибольшие значения показателей заполнения, плотности по основе и средней плотности. Наименьшей долговечностью обладает ткань 1. Наибольший коэффициент вариации имеет ткань 4, а наименьший – ткань 1.

Проведен сравнительный анализ фактических показателей качества тканей с нормами стандарта ГОСТ 15968-87 «Ткани чистольняные, льняные и полульняные одежные. Общие технические условия». Все показатели соответствуют нормам стандарта. На данную партию ткани был выдан добровольный сертификат соответствия.

## **ВЛИЯНИЕ СВЕТОПОГОДЫ НА СВОЙСТВА ПАЛАТОЧНЫХ ТКАНЕЙ**

*Белкин С.А., Белкина С.Б.*

**Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия**

Ассортимент палаток для активного отдыха и туризма настолько велик, что туристу очень сложно сделать выбор в пользу какой-то конкретной модели. От качества материала зависит влагостойкость временного жилища и комфорт внутри него. Нейлон и полиэстер – синтетические ткани. Полиэстер превосходно справляется с ультрафиолетом, поэтому если верх палатки изготовлен из него, можете смело делать выбор в пользу этой палатки. А вот нейлоновые модели гораздо хуже в плане устойчивости к солнцу и влаге. Под дождем палатка из нейлона растянется, хотя после высыхания она восстановит свою форму.

Какие характеристики палатки важны еще? Плетение ткани – это тоже очень значимый момент. Оптимально, если на бирке будет указано название плетения Diamond Rip Stop или просто Rip Stop. Оба варианта представляют собой материю с рисунком в виде ромбов или квадратов. За счет этого ткань может выдерживать нагрузки, возникающие вследствие натяжения. Кроме этого материал с таким плетением может противостоять влаге и огню. Кстати, обратите внимание на характеристики влагостойкости. Для верхней палатки минимальная граница данного параметра начи-

нается от 2000 мм. Оптимально, если эта цифра будет в пределах 3000-5000 мм. Примером такой палатки могут служить модели Talberg Malm 4 из полиэстера и Tramp Lair 3. Оба варианта имеют два тента и тамбур. Оснащаются они также противомоскитными сетками и вентиляционными окнами [1].

Результаты определения структурных характеристик исследуемых образцов приведены в табл.1.

Таблица 1

Структурные характеристики смешанных тканей

Показатель качества	Тафетта	Палаточная	Оксфорд
Волокнистый состав ткани, %	100%ПЭ	77%ПЭ 23% ХБ	76%ПЭ 24% ХБ
Толщина, мм	0,40	0,27	0,26
Линейная плотность нитей, текс			
по основе	26,00	13,60	13,00
по утку	26,00	33,20	31,20
Плотность ткани, число нитей / 10 см			
по основе	310	388	360
по утку	210	186	211
Линейная плотность ткани, г/м	213,33	274,86	285,71
Поверхностная плотность ткани, г/м <sup>2</sup>	137,63	175,07	179,70

Воздействие светопогоды осуществлялось в естественных условиях и на приборе дневного света ПДС. В табл. 2 приведены результаты испытаний.

Таблица 2

Разрывная нагрузка палаточных тканей после действия светопогоды, Н

Длительность воздействия	Тафетта		Палаточная		Оксфорд	
	Основа	Уток	Основа	Уток	Основа	Уток
Естественная светопогода						
0	865,5	855,1	670,6	549,5	592,6	666,4
52	785,3	789,7	589,4	500,4	547,3	567,8
104	743,2	740,6	563,2	493,3	535,7	516,8
156	727,9	725	531,8	466,8	508,6	503,2
208	682,3	660,4	486,6	394,2	426,6	456
Искусственная светопогода						
0	865,5	855,1	670,6	549,5	592,6	666,4
25	791,3	795,7	595,4	506,4	553,3	573,8
50	749,2	746,6	569,2	499,3	541,7	522,8
75	733,9	731	537,8	472,8	514,6	509,2
100	688,3	666,4	492,6	400,2	432,6	462

Действие светопогоды приводит к уменьшению прочности тканей. Выявлена зависимость разрывной нагрузки образцов от длительности воздействия светопогоды. Эта зависимость определяется линейной функцией.

Наибольшее изменение механических свойств наблюдается у тканей, выработанных с большим содержанием хлопковых волокон, а наименьшее – у чисто полиэфирных тканей.

#### Литература

1. <http://kiwi-market.ru/news/kakie-parametry-palatki-vazhny/>

### **МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ И МАТЕРИАЛОВ СО СПЕЦИАЛЬНЫМИ СВОЙСТВАМИ**

*Сулимцев И.И.*

**Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия**

Формирование изделия из расплава во многих технологических процессах легкой промышленности происходит в условиях одновременного отвода тепла и воздействия внешнего давления. При этом характерной особенностью процессов является наличие в обрабатываемом объеме областей, где одновременно существуют как твердая, так и жидкая фазы. Такое состояние называют двухфазной зоной. Конечные свойства продукта существенно зависят от режима обработки такой смеси при формировании материала или изделия. Проблема структурообразования кристаллизующегося расплава в настоящее время интенсивно разрабатывается в различных направлениях.

В настоящей статье рассматривается метод получения композиционных материалов и материалов со специальными свойствами на основе использования механизма процесса кристаллизации из расплава. Метод дает возможность прямым путем исследовать развитие структуры твердой фазы двухфазной зоны, отделить ее, при необходимости, от жидкой фазы, подвергнуть ее последующей обработке, а также получить и подвергнуть последующей обработке жидкую часть (ликват) двухфазной зоны посредством ее отделения (экстракции) от твердой фазы в физически малом объеме кристаллизующегося расплава.

По современным представлениям именно в двухфазной зоне протекают основные процессы, приводящие к образованию дендритной, и другой структуры, различных типов дефектов в конечном изделии. Типичным свойством двухфазной зоны является значительная величина межфазной поверхности.

Строение двухфазной зоны позволяет рассматривать некоторый характерный элемент (ячейку) в ней, совокупное развитие процессов кристаллизации в которых образует объем затвердевающего расплава.

Реализация установки для получения композиционных материалов и материалов со специальными свойствами приведена на рис.1.

При проведении опыта с понижением температуры образца (двухфазной зоны), размещенного на опорной сетке 7 (рис.1), в нужный момент времени открывался кран вакуумной системы или включался электромагнитный клапан. Междендритная жидкость (ликват) экстрагировалась из объема двухфазной зоны, а на опорной сетке оставался дендритный каркас (остов, рис. 2). Ликват задерживался ловушкой 17, извлекался и подвергался дальнейшему исследованию и обработке.

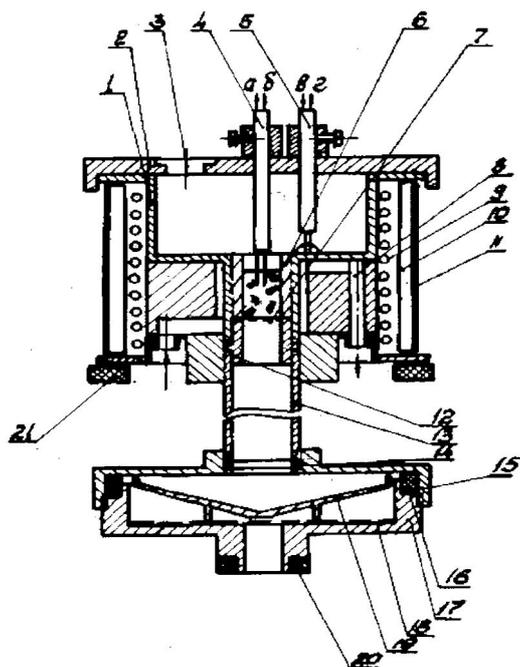


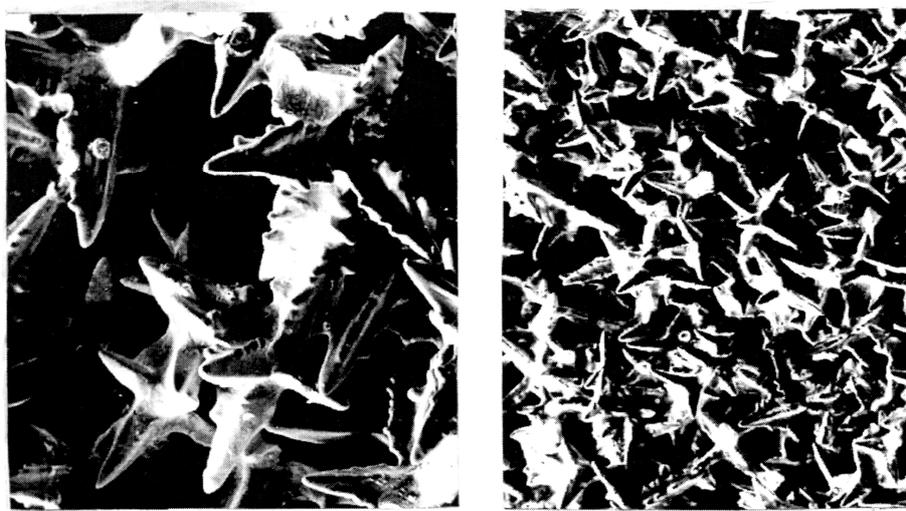
Рис. 1. Схема установки для изучения кинетики развития структуры двухфазной зоны (в ее элементарном объеме) и диффузионного переохлаждения в ней: 1 - корпус камеры; 2 - крышка; 3 - окно; 4 - термопара измерительная; 5 - термопара сравнения; 6 - цилиндрический составной тигель; 7 - сетка (дно тигля); 8 - канал для охладителя; 9 - нагреватель; 10 - теплоизоляция; 11 - кожух; 12 - втулка; 13 - патрубок; 14 - уплотнение; 15 - крышка; 16 - уплотнение ловушки; 17 - корпус ловушки; 18 - фильтр; 19 - отражатель; 20 - уплотнение; 21 - опора



Рис. 2. Общий вид типичного дендритного каркаса (остова), остающегося на опорной сетке тигля после проведения экстракции междендритной жидкости из элементарного объема двухфазной зоны. Увеличение  $\times 7,8$ .

На рис. 3 показана структура материала, представляющего собой твердую часть двухфазной зоны (дендритный каркас) сплава олово-свинец. Экстракция жидкой фазы (ликвата) осуществлялась при температуре двухфазной зоны (отсчитанной от линии ликвидус сплава)  $\Delta T = 0,2$  °С. Видна возможность получения материала, состоящего из кристаллов на начальном этапе их формирования. Проведенные исследования показывают, что морфологические изменения дендритного каркаса весьма существ-

венно зависят от температуры экстракции.



**Рис. 3. Локальное строение дендритного каркаса двухфазной зоны для сплава Sn+60 вес.% Pb, скорость охлаждения 0,09°C/с,  $\Delta T = 0,2^\circ\text{C}$ , увеличение x350 и x160**

На заключительных этапах процесса развития двухфазной зоны (при возрастании  $\Delta T$ ) на строении дендритного каркаса начинает значительно сказываться взаимодействие с ликватом.

Конкретный способ проведения процесса получения композиционного материала зависит от особенностей поставленной задачи и физических свойств исходных материалов.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВОДЫ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА БАЛЛИСТИЧЕСКИХ ТКАНЕЙ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЗАЩИТЫ ОТ ОРУЖИЯ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ**

*Буланов Я.И., Курденкова А.В., Шманев А.Н.*

Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

Для изготовления бронеодежды используются различные виды материалов. Сегодня баллистические ткани на основе арамидных волокон являются основой для бронежилетов. Баллистические ткани производятся во многих странах мира и существенно различаются не только названиями, но характеристиками.

В качестве объектов исследования были выбраны 3 образца ткани, применяемые для изготовления внутренних слоев бронежилетов. Образцы, выработанные из параарамидных нитей Русар, отличаются структурными характеристиками, а также видами переплетения.

Структурные характеристики исследуемых тканей приведены в табл.1.

Таблица 1

## Структурные характеристики тканей для бронежилетов

Наименование показателя	арт. 86144	арт. 86136	арт. 84127
Ширина, м	0,80	0,50	0,38
Толщина, мм	0,27	0,26	0,23
Линейная плотность нитей основы, текс	55,0	60,0	34,0
Линейная плотность нитей утка, текс	55,0	60,0	34,0
Плотность ткани по основе, число нитей/10 см	150	140	240
Плотность ткани по утку, число нитей/10 см	150	140	240
Поверхностная плотность ткани, г/м <sup>2</sup>	164,5	168,4	152,0
Объемное заполнение, %	85,7	92,8	94,3
Заполнение массы ткани, %	46,2	50,0	50,8
Объемная пористость, %	14,3	7,2	5,7
Общая пористость, %	53,8	50,0	49,2
Переплетение	Саржевое	Вафельное	Полотняное

Для определения сохранения свойств баллистических тканей в мокром состоянии образцы помещались на 10 мин в воду. Далее были проведены испытания на разрывной машине Инстрон серии 4411.

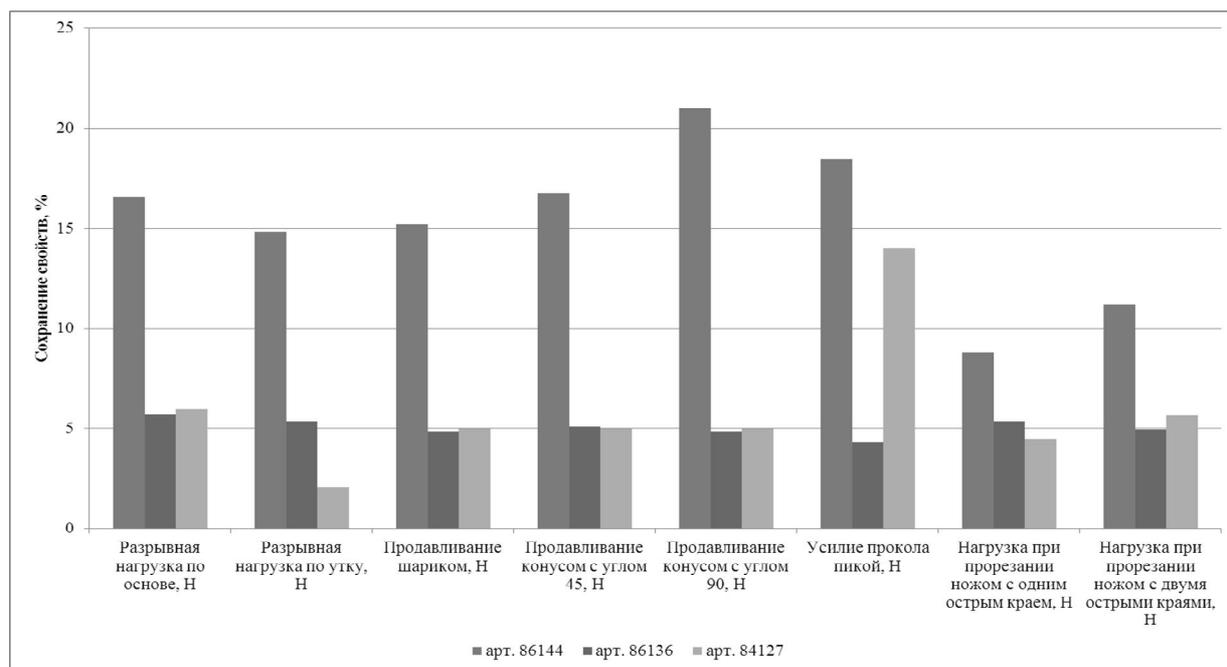
В табл. 2 и на рис. 1 приведены результаты определения механических свойств баллистических тканей, полученные при испытании 1 слоя.

Таблица 2

## Механические свойства баллистических тканей, полученные при испытании 1 слоя

Наименование показателя	арт. 86144		арт. 86136		арт. 84127	
	Сухой	Мокрый	Сухой	Мокрый	Сухой	Мокрый
Разрывная нагрузка по основе, Н	3832,0	3198,0	4078,7	3846,2	3429,2	3223,8
Разрывная нагрузка по утку, Н	3565,3	3036,6	3777,5	3573,4	3214,3	3147,5
Удлинение по основе, мм	1,32	1,47	1,24	1,36	1,36	1,13
Удлинение по утку, мм	1,58	1,24	1,24	1,61	1,49	1,49
Продавливание шариком, Н	379,85	322,06	638,74	607,66	458,64	435,79
Стрела прогиба, мм	14,74	12,62	12,46	16,00	12,10	13,61
Продавливание конусом с углом 45 <sup>0</sup> , Н	176,35	146,77	343,16	325,61	261,84	248,78
Стрела прогиба, мм	6,10	5,78	9,33	7,51	2,29	2,42
Продавливание конусом с углом 90 <sup>0</sup> , Н	298,45	235,79	467,65	444,89	335,79	319,06
Стрела прогиба, мм	9,16	8,31	8,93	9,25	8,86	9,96
Усилие прокола пикой, Н	76,96	62,75	58,13	55,63	25,88	22,25

Стрела прогиба, мм	2,35	2,88	2,40	2,53	2,11	3,50
Нагрузка при прорезании ножом с одним острым краем, Н	535,66	488,63	269,25	254,75	212,75	203,25
Стрела прогиба, мм	2,96	3,81	2,51	2,98	2,23	3,04
Нагрузка при прорезании ножом с двумя острыми краями, Н	371,05	329,50	269,25	255,88	217,50	205,13
Стрела прогиба, мм	7,13	8,85	2,55	3,39	2,24	3,14



**Рис. 1. Процент сохранения свойств тканей в мокром состоянии**

По результатам испытаний можно сделать следующие выводы.

Форма и размеры насадок оказывает значительное влияние на прочность и стрелу прогиба образцов. Наименьшее значение прочности имеют образцы, проколотые пикой, так как она имеет малый диаметр по всей длине и острый конец, который легко проникает сквозь образец. Все ткани имеют низкую прочность при прорезании, так как ножи имеют плоскую форму и легко проникают сквозь образец. Так как шарик имеет округлую форму, то прочность тканей при продавливании имеет наибольшую величину. Однако стрела прогиба имеет наибольшее значение только в начальный период разрушения, при полном разрушении наибольшую величину имеют образцы, прорезанные ножом с двумя острыми краями. При продавливании шариком, прорезании ножами и прокалывании конусообразными насадками сначала происходит растяжение и раздвигаемость нитей, образующих ткань, а затем их разрушение, что приводит к увеличению площади поверхности образца, в то время как при прокалывании тканей пикой наблюдается только раздвигаемость нитей.

Наибольшее сохранение свойств в мокром состоянии наблюдается у ткани арт. 86144, а наименьшее - у ткани арт.84127, поэтому ткань арт. 86144 можно рекомендовать для создания бронежилетов для защиты от различных видов оружия.

### Литература

1. Буланов Я.И., Шустов Ю.С., Курденкова А.В. Исследование механических свойств баллистических тканей с учетом количества слоев // Химические волокна. – 2014. – №5. – С.41-43.

## АППРОКСИМАЦИЯ ХАГГИНСА, ЕЕ СВОЙСТВА И СЛЕДСТВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ

**Бондаренко Е.В., Мотавкин А.В., Скородумов В.Ф.**

Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

Рассмотрение решеточной модели показало [1], что она может являться хорошей основой для описания свойств объемной полимерной фазы. В связи с этим вполне обоснованно использовать для расчета термодинамических функций полимерного расплава решеточную модель с вакантными узлами (ячейками), число которых обозначим символом  $n_0$ , а для определения числа конфигураций полимерного расплава  $W_L$  выражение, полученное согласно улучшенной аппроксимации Хаггинса [2],

$$W_L = \frac{z_c^{xn_x} (z_c - 1)^{(x-2)n_x} (xn_x + n_0)! \left( \frac{((z_c - 2)x + 2)n_x + z_c n_0}{2} \right)!}{2^{xn_x} n_x! n_0! \left( \frac{z_c (xn_x + n_0)}{2} \right)!}, \quad (1)$$

где  $z_c$  – координационное число решетки;  $n_x$  – число макромолекул, состоящих из  $x$  звеньев.

В общем случае координационное число решетки  $z_c$  и валентность скелетных атомов  $z_v$  не обязательно должны быть равны друг другу. Однако каждое из  $z_v - 1$  допускаемых размещений сегмента  $i$  макромолекулы после размещения сегментов  $i - 1$ ,  $i - 2$ , и  $i - 3$  макромолекулы должны быть среди  $z_c - 1$  размещений, допускаемых структурой решетки. Таким образом, эти  $z_v - 1$  возможных положений сегмента  $i$  и фактически все узлы (ячейки), которые цепь может занимать после того, как ее общее положение и ориентация определены размещением ее первых трех сегментов, являются членами решетки с координационным числом  $z_v$ , которая является субрешеткой решетки с координационным числом  $z_c$ . Поэтому в формуле (1) вместо множителя  $(z_c - 1)^{(x-2)n_x}$  необходимо использовать множи-

тель  $(z_c - 1)^{n_x}$ , учитывающий возможные способы размещения только третьего сегмента цепи, так как размещения последующих сегментов той же самой цепи будут происходить на решетке с координационным числом  $z_v$ .

Обозначим символом  $f$  число гибких связей в полимерной цепи. Тогда общее число таких связей будет равно  $fn_x(x-3)$ . Так как они могут быть распределены на последовательности из  $n_x(x-3)$  связей числом способов, равным

$$\frac{(n_x(x-3))!}{(fn_x(x-3))!((1-f)n_x(x-3))!},$$

окончательно получим, что число конфигураций полимерного расплава будет равно

$$W_L = \frac{z_c^{xn_x}(z_c - 1)^{n_x}(xn_x + n_0)! \left( \frac{((z_c - 2)x + 2)n_x + z_c n_0}{2} \right)!}{2^{xn_x} n_x! n_0! \left( \frac{z_c(xn_x + n_0)}{2} \right)!} \times \frac{(z_v - 2)^{f(x-3)n_x} ((x-3)n_x)!}{(f(x-3)n_x)!((1-f)(x-3)n_x)!}. \quad (2)$$

Из формулы (2) видно, что выражение для числа конфигураций является произведением двух сомножителей, первый из которых зависит только от числа дырок  $n_0$ , а второй – только от числа гибких связей  $f$ .

Рассмотрим выражение (2) более подробно. Согласно экспериментальным данным изменение объема при плавлении полимеров может достигать почти 20% [3]. Часть этого увеличения объема можно рассматривать как следствие увеличения объема ячеек, занимаемых сегментами макромолекулы (из-за увеличения амплитуды колебаний), а часть – как следствие увеличения числа вакантных ячеек. При таком большом увеличении объема должна существовать ненулевая вероятность образования кластеров из двух и более вакантных ячеек (и тем более при увеличении температуры полимерного расплава). Однако уравнение (1) и соответственно уравнение (2) получены в предположении, что число вакантных узлов (ячеек) невелико и образование кластеров из двух и более смежных вакантных ячеек исключено. Поэтому, несмотря на хорошее согласие с экспериментальными данными следствий рассматриваемой теории [4]-[5], для полноты картины следует рассмотреть случай образования не только одиночных вакантных ячеек, но, по крайней мере, образование кластеров из двух вакантных ячеек. Заметим, что в случае стеклования полимеров предположение, что число вакантных узлов (ячеек) невелико вполне оправдано, так как с понижением температуры вероятность образования кластеров из смежных вакантных ячеек должна уменьшаться.

Далее, предположим, что межмолекулярная энергия рассматриваемой

мой системы является следствием взаимодействия только ближайших соседей. Проложим энергию взаимодействия между вакантным узлом (дыркой) и ближайшим занятым сегментом макромолекулы узлом равной нулю. Тогда энергия взаимодействия между соседними дырками также будет равна нулю. Обозначим межмолекулярную энергию взаимодействия между двумя ближайшими сегментами (занятыми узлами) символом  $-\varepsilon^*$  ( $\varepsilon^* > 0$ ). Следовательно, межмолекулярная энергия системы  $n_x$  макромолекул будет равна

$$-\varepsilon^* N_{SS},$$

где  $N_{SS}$  – общее число пар ближайших занятых узлов системы,

$$N_{SS} = \frac{(xn_x + n_0) \times \frac{xn_x}{xn_x + n_0} \times \frac{(z_c - 2)x + 2}{x} \times s_x}{2} = \frac{n_x((z_c - 2)x + 2)s_x}{2};$$

$s_x$  – поверхностная доля занятых узлов [1],

$$s_x = \frac{((z_c - 2)x + 2)n_x}{((z_c - 2)x + 2)n_x + z_c n_0}. \quad (3)$$

Тогда межмолекулярная энергия рассматриваемой системы при наличии  $n_0$  одиночных дырок на решетке будет равна

$$U_{\text{inter},n_0} = -\frac{n_x((z_c - 2)x + 2)s_x \varepsilon^*}{2}, \quad (4)$$

а в отсутствие дырок она будет равна

$$U_{\text{inter},0} = -\frac{n_x((z_c - 2)x + 2)\varepsilon^*}{2}. \quad (5)$$

Если рассматривать решеточную межмолекулярную энергию системы  $U_L^{(\text{latt})}$  как разность между межмолекулярной энергией системы при наличии дырок и межмолекулярной энергии системы в отсутствие дырок на решетке, то, вычитая из уравнения (5) уравнение (4), получим

$$U_L^{(\text{latt})} = U_{\text{inter},n_0} - U_{\text{inter},0} = E_h n_0 s_x, \quad (6)$$

где  $E_h$  – энергия образования дырки;

$$E_h = \frac{z_c \varepsilon^*}{2}. \quad (7)$$

Кроме того, согласно принятой модели, объем расплава равен

$$V_L = v_L (xn_x + n_0), \quad (8)$$

где  $v_L$  – объем ячейки в расплаве.

Рассмотрим выражения (6) и (8) более детально. Здесь необходимо отметить, что уравнение (6) для решеточной энергии и уравнение (8) для

объема полимерного расплава получены в предположении, что число вакантных узлов (ячеек) невелико и образование кластеров из двух и более вакантных ячеек исключено. В окрестности температуры стеклования полимеров, при пониженной температуре, применение уравнений (6) и (8) для расчета термодинамических характеристик полимерного расплава вполне оправдано, что и обеспечило успех теории стеклования Гиббса-ДиМарцио. В случае же плавления полимеров все не так просто. Если допустить образование кластеров хотя бы из двух вакантных ячеек, то уравнение (8) претерпевает незначительные изменения, но уравнение (6), содержащее произведение числа вакантных ячеек на поверхностную долю занятых узлов, должно сильно измениться. При этом комбинаторные задачи, которые необходимо решить для расчета числа конфигураций и межмолекулярной энергии полимерного расплава, сильно усложняются. Сильно усложняются и уравнения, описывающие термодинамику плавления полимеров, их  $pVT$ -свойства и т.д. Работа в этом направлении проводится, и ее результаты будут представлены в другом месте.

#### Литература

1. *DiMarzio E.A., Gibbs J.H.* Chain Stiffness and the Lattice Theory of Polymer Phases // *J. Chem. Phys.* – 1958. – V. 28. – N. 5. – P. 807-813.
2. *Скородумов В.Ф., Мотавкин А.В., Бондаренко Е.В.* Некоторые аспекты использования аппроксимации Флори-Хаггинса // Сборник научных статей и воспоминаний «Памяти В.А.Фукина посвящается». Часть 3. – М.: МГУДТ, 2014. – С.113-119.
3. *Вундерлих Б.* Физика макромолекул. Т. 3. Плавление кристаллов. – М.: Мир, 1984. – 488 с.
4. *Скородумов В.Ф.* Некоторые аспекты статистической термодинамики плавления и стеклования полимеров // *Известия вузов. Технология текстильной промышленности.* – 2009. – № 2с (315). – С. 18-21.
5. *Скородумов В.Ф.*  $PVT$ -свойства кристаллических полимеров. Теория // *Бутлеровские сообщения.* – 2012. – т. 30. – № 4. – С. 37-43.

### **ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗРЫВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТКАНЕЙ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ ПОСЛЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ КИСЛОТЫ И ЩЕЛОЧИ**

***Костомаров С.А., Шустов Ю.С., Валуев В.С.***

**Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия**

В соответствии с ГОСТ 12.4.011–89 «Средства защиты работающих. Общие требования и классификация» [1] средства защиты работающих в

зависимости от характера их применения подразделяют на две категории: средства коллективной защиты; средства индивидуальной защиты.

Средства индивидуальной защиты должны подвергаться оценке по защитным, физиолого–гигиеническим и эксплуатационным показателям и не должны изменять своих свойств при их стирке, химчистке и обеззараживании.

Для исследования выбрали 5 образцов саржевого переплетения (табл.1) [2-5]. Ткани отличаются плотностью по основе и утку, а также линейной плотностью нитей. Волокнистый состав тканей также варьировали.

Таблица 1

Структурные характеристики исследуемых тканей

Наименование показателей	Наименование ткани				
	TRITO N-T	BARRIER UNIVERSAL A	Премьер Standard	Стимул – 240	Премьер–комфорт 250
Поверхностная плотность ткани M1, г/м <sup>2</sup>	250	170	210	210	250
Линейная плотность нитей основы T <sub>o</sub> , текс	65	28	35	52	51
Линейная плотность нитей утка T <sub>y</sub> , текс	47	31	50	80	76
Плотность по основе P <sub>o</sub> , нитей основы / 100 мм	290	200	240	330	340
Плотность по утку P <sub>y</sub> , нитей / 100 мм	180	260	350	220	230
Толщина ткани b, мм	0,48	0,25	0,67	0,64	0,67
Волокнистый состав, %	80 ХЛ 20 ПЭ	100 ПЭ	65 ХЛ 35 ПЭ	65 ХЛ 35 ПЭ	80 ХЛ 20 ПЭ

Испытания по определению изменения прочности после воздействия кислот и щелочей проводились на разрывной машине «Инстрон». Стойкость к действию кислот и щелочей тканей специального назначения определялась в соответствии с ГОСТ 12.4.146-84 «Система стандартов безопасности труда. Материалы с полимерным покрытием для специальной одежды и средств защиты рук. Метод определения стойкости к действию кислот и щелочей» [6].

В табл.2 приведены результаты определения разрывной нагрузки тканей специального назначения.

Таблица 2

Разрывные характеристики исследуемых тканей

Ткань	Наименование показателя			
1. Разрывная нагрузка и разрывное удлинение без воздействий				
	Разрывная нагрузка, Н		Разрывное удлинение	
	Основа	Уток	Основа	Уток
Triton-t	1377,0	745,9	20,18	17,23

Barrier	1219,0	970,6	35,90	38,40
Премьер Standard	1082,6	659,2	23,14	25,71
Стимул – 240	1202,0	897,6	22,51	24,89
Премьер–комфорт 250	1039,9	630,7	17,58	27,44
2. Разрывная нагрузка и разрывное удлинение после воздействия кислот и щелочей, на протяжении 1 недели				
<i>Triton-t</i>				
H2SO4, 5%	1000,9	606,0	18,29	15,73
H2SO4, 2,5%	1069,1	643,0	18,94	16,24
H2SO4, 1,5%	1231,0	682,0	19,68	16,69
NaOH, 5%	1302,0	716,0	24,00	18,93
NaOH, 2,5%	1327,0	700,0	25,75	19,75
NaOH, 1,5%	1349,0	730,0	27,24	20,54
<i>Barrier</i>				
H2SO4, 5%	1045,8	846,6	38,80	40,24
H2SO4, 2,5%	1092,6	857,5	38,47	39,85
H2SO4, 1,5%	1117,0	876,5	38,14	39,40
NaOH, 5%	1128,8	916,5	33,94	35,81
NaOH, 2,5%	1150,0	933,5	34,43	36,94
NaOH, 1,5%	1165,3	945,0	34,83	37,65
<i>Премьер Standard</i>				
H2SO4, 5%	963,0	544,0	19,00	20,47
H2SO4, 2,5%	901,0	583,0	20,52	21,12
H2SO4, 1,5%	935,0	609,0	21,64	22,06
NaOH, 5%	966,0	628,0	28,75	28,35
NaOH, 2,5%	1003,6	639,0	27,62	27,35
NaOH, 1,5%	1031,0	645,7	26,59	26,28
<i>Стимул – 240</i>				
H2SO4, 5%	1113,0	745,0	19,06	17,16
H2SO4, 2,5%	1143,0	802,3	19,70	18,87
H2SO4, 1,5%	1159,0	823,5	21,27	20,94
NaOH, 5%	1166,0	848,0	27,53	29,10
NaOH, 2,5%	1179,0	858,7	26,47	27,71
NaOH, 1,5%	1189,0	870,0	25,25	26,70
<i>Премьер–комфорт 250</i>				
H2SO4, 5%	1000,6	589,3	20,12	21,00
H2SO4, 2,5%	1014,9	600,7	19,59	22,17
H2SO4, 1,5%	1019,4	610,5	18,76	22,78
NaOH, 5%	1032,6	615,7	14,00	30,20
NaOH, 2,5%	1036,2	620,5	15,06	28,69
NaOH, 1,5%	1038,6	625,3	15,94	27,93

Можно отметить, что разрывная нагрузка по основе почти в 3 раза больше разрывной нагрузки по утку, что связано с тем, что ткани по основе имеют более высокую плотность, чем по утку. Наибольшую прочность имеет ткань Triton-t, а наименьшую ткань Премьер–комфорт 250. После воздействия кислоты и щелочи в течение 1 недели, прочность снижается. Значительное влияние на разрывные характеристики оказывает влияние

концентрация кислоты и щелочи. Наименьшее снижение разрывных характеристик наблюдается у ткани Премьер–комфорт 250.

### Литература

1. ГОСТ 12.4.011–89 «Средства защиты работающих. Общие требования и классификация».

2. *Костомаров С.А., Курденкова А.В., Шустов Ю.С.* Определение стойкости к действию кислот и щелочей тканей специального назначения // Сборник научных трудов, посвященных 70-летию кафедры текстильного материаловедения и товарной экспертизы. – М.: МГУДТ, – 2014. – С.70-75.

3. *Костомаров С.А., Курденкова А.В., Шустов Ю.С.* Оценка качества специального назначения для защиты от кислот и щелочей / Международная научно-техническая конференция «Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности. (Инновации – 2014). Сборник материалов. – М.: МГУДТ, – 2014, Ч.1. – С.235-238.

4. *Шустов Ю.С., Курденкова А.В., Костомаров С.А.* Прогнозирование трехмерного сплайн-метода для прогнозирования прочности тканей // Международная научно-практическая конференция «Инновационные технологии в текстильной и легкой промышленности». – Витебск: ВГТУ, 2014. – С.468-470.

5. *Костомаров С.А., Курденкова А.В., Шустов Ю.С.* Выбор номенклатуры определяющих показателей качества тканей специального назначения для защиты от воздействий кислот и щелочей // Международная научно-техническая конференция «Актуальные проблемы науки в развитии инновационных технологий «Лен-2014». – Кострома: КГТУ, – 2014. – С.100-101.

6. ГОСТ 12.4.146-84 «Система стандартов безопасности труда. Материалы с полимерным покрытием для специальной одежды и средств защиты рук. Метод определения стойкости к действию кислот и щелочей».

## СЕКЦИЯ 4

### Современные экологически чистые технологии модифицирования и отделки материалов и изделий текстильной и легкой промышленности

#### 2,4,6-ТРИНИТРОТОЛУОЛ КАК БАЗОВАЯ СТРУКТУРА ДЛЯ СИНТЕЗА РАЗНООБРАЗНЫХ ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ МОНОМЕРНЫХ, ПОЛИМЕРНЫХ И КОМПЛЕКСНЫХ СОЕДИНЕНИЙ\*

*Кобраков К.И., Станкевич Г.С., Ручкина А.Г.*

Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

Вовлечение самого массового бризантного взрывчатого вещества (ВВ) XX века 2,4,6-тринитротолуола (тол, тротил), а также продукта его окислительного деметилирования – 1,3,5-тринитробензола (ТНБ) в арсенал реагентов органического синтеза было инициировано около 25-30 лет назад необходимостью поиска цивилизованного решения серьезной экологической проблемы – ликвидации снятых по разным причинам с вооружения разнообразных боеприпасов, снаряженных толлом или его смесями с другими ВВ.

Актуальность вышеуказанной задачи для РФ обусловлена тем, что в России в настоящее время на складах, в арсеналах и т.п. имеются огромные запасы подлежащих уничтожению боеприпасов (определенное количество их хранится еще с начала XX века).

Расчеты специалистов показывают, что уничтожение этих боеприпасов методами подрыва или сжигания способны привести к катастрофическим экологическим последствиям для России.

Альтернативный способ утилизации тротила – рециклизация, т.е. извлечение тротила из боеприпасов и его использование для создания промышленных ВВ, может лишь окупить затраты на его извлечение из боеприпасов, т.е. является по сути убыточным, кроме того, качество получаемого продукта часто не удовлетворяет необходимым требованиям.

В качестве наиболее перспективного пути переработки демилитаризованного тротила, способного дать значительную прибыль, специалисты рассматривают его химическую трансформацию, как дешевого сырья, в химические продукты и материалы, востребованные современными отраслями промышленности.

---

\* Исследование выполнено при поддержке Министерства образования и науки РФ, задание №4.143.2014/К.

Работами ученых нескольких исследовательских групп в РФ был раскрыт высокий и специфический синтетический потенциал ТНТ, синтезированы карбо- и гетероциклические соединения самого различного строения.

Приведена общая схема, отражающая некоторые разработанные и апробированные пути химической трансформации ТНТ и ТНБ.

Основные результаты, полученные группой исследователей кафедры органической химии МГУДТ совместно с сотрудниками лаборатории №18 ИОХ РАН:

- трансформация ТНТ и ТНБ в функциональнозамещенные анилины;
- синтез азокрасителей и азокрасителей на основе синтезированных анилинов;
- получение на основе ТНТ 2,4,6-тригидрокситолуола (метилфлороглюцина, МФГ);
- синтез азокрасителей с использованием МФГ в качестве азосоставляющей;
- получение и исследование свойств продуктов нитрозирования МФГ;
- синтез соединений, обладающих флуоресцирующими свойствами;
- получение нерастворимых азокрасителей на волокне – «холодное крашение»;
- исследование взаимодействия синтезированных азосоединений с ионами и наноразмерными частицами металлов;
- свойства текстильных материалов, окрашенных полученными азокрасителями;
- биологическая активность полученных соединений и окрашенных текстильных материалов.

Проведен анализ относительной эффективности разработанных путей химической трансформации ТНТ, а также делаются выводы о перспективах практического использования полученных соединений и методик, обсуждаются теоретические вопросы строения и реакционной способности органических соединений, которые были решены в ходе выполнения исследования.

## **ПОЛИМЕРНО-ПЛЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ПОЛИОЛЕФИНОВ ДЛЯ УПАКОВКИ БАКАЛЕЙНОЙ ПРОДУКЦИИ**

*Голованова А.Н., Бокова Е.С., Евсюкова Н.В., Кузнецова Д.С.*  
Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

В настоящее время полимерные материалы занимают ведущее место в индустрии упаковки. Популярность и широкий спектр применения объясняются возможностью придания полимерным материалам комплекса

требуемых свойств: гибкости, прочности, влаго- и газонепроницаемости, барьерного эффекта для препятствования процессам окисления продуктов и др.

Наиболее широкое применение в качестве упаковочных материалов бакалейной группы товаров нашли многослойные пленки на основе полипропилена и полиэтилена, благодаря их химической инертности и физиологической безвредности.

Цель работы – проведение сравнительного анализа эффективности использования упаковочных материалов отечественного и зарубежного производителей для хранения муки хлебопекарной пшеничной высшего сорта.

В качестве объектов исследования рассмотрены перспективные полимерные упаковочные материалы российского и зарубежного производства:

Пленка с мелкой и крупной перфорацией, полученной методом «горячей перфорации» (ECO-WAVE PERFORATED FILM (Италия); пленка с барьерным эффектом (ECO-WAVE PERFORATED FILM (Италия), а также термоусадочная плёнка с мелкой, крупной и средней перфорацией (ООО «ПрофУпак» (Россия).

Из полимерных пленок были изготовлены пакеты размером 10x15 см, в которые закладывали на хранение пшеничную хлебопекарную муку весом 200 г. Герметичность пакетов обеспечивали склеиванием на аппарате HANDSEALERCXP-400. При закладке варьировали вариант контакта продукта с «лицевой» и «изнаночной» стороной пленочного материала.

Хранение осуществляли двумя способами. Согласно стандартной методике при температуре +10°C и относительной влажности воздуха (ОВВ) 50% в холодильной камере специального назначения фирмы LIEBHERR в течение 3, 6, 9 и 12 месяцев соответственно, а также в условиях ускоренного хранения в камере BINDER серии М при температуре +37°C и относительной влажности воздуха 50-60%, в течение 14 дней, 1,5; 3 и 6 месяцев. Согласно второй методике, 14 дней хранения образцов при повышенной температуре эквивалентно 3 месяцам хранения при +10°C (условие, нормируемое нормативной документацией).

В качестве основных показателей муки в процессе хранения определяли влажность и кислотное число жира (КЧЖ).

Влажность хлебопекарной муки в соответствии с требованиями нормативно-технической документации при хранении не должна превышать 14,5%, так как повышение величины массовой доли влаги в муке приводит к ухудшению технологических и хлебопекарных свойств муки.

По данным ВНИИЗ (всероссийский научно-исследовательский институт зерна) известно, что изменение величины КЧЖ зависит от температуры и срока хранения муки (табл. 1). Поэтому данный показатель используют для характеристики свежести, годности муки и установления начала

процесса прогоркания жиров. Мука с высоким значением КЧЖ (выше 80 мг КОН/1г жира) не подлежит длительному хранению и имеет пониженные хлебопекарные качества.

Таблица 1

Изменение кислотного числа жира в муке при хранении в зависимости от температуры (по данным Н.П. Козьминой)

Период хранения, сутки	Температура, °С	
	+15	+35
0	17,0	17,0
10	19,3	28,5
20	20,0	35,0
30	22,0	52,0

Влажность муки замеряли с помощью прибора Sartorius AG" MA-45, предназначенного для измерения влажности твердых монолитных, листовых, сыпучих, пастообразных материалов, водных суспензий и неводных жидкостей.

Кислотное число жира определяли по ГОСТ Р 52466-2005 «Зерно и продукты его переработки. Метод определения кислотного числа жира». Настоящий стандарт распространяется на зерно и продукты его переработки: муку, крупу, зародышевые хлопья, отруби и устанавливает метод определения кислотного числа жира.

В табл. 2 представлены результаты изменения показателей влажности и КЧЖ муки, хранящейся в полимерной упаковке при  $t = +37\text{ °C}$  в течение 14 дней и 1,5 месяцев по методике ускоренного старения.

Таблица 2

Показатели муки при хранении в полимерной упаковке

Показатели	Производитель - Италия									
	Вид плёнки									
	Контрольный образец	Мелкая перфорация		Крупная перфорация		Барьерная пленка		Полиолефиновая пленка		
Ли-цо		Из-нанка	Ли-цо	Из-нанка	Ли-цо	Из-нанка	Ли-цо	Из-нанка		
<u>14 дней</u>										
Влажность, %	12.2	12.2	12.2	12.2	10.4	10.8	11.4	11.5	10.9	
КЧЖ, мг КОН/1 г жира	18,8	33.4	32.9	29.8	26.3	27.1	27.7	26.6	30.8	
<u>1,5 месяца</u>										
Влажность, %	13.5	12.2	11.6	11.8	11.3	11.3	11.2	11.5	11,5	
КЧЖ, мг КОН/1 г жира	47,9	43.3	44.9	43.2	45.4	40.5	45.8	42.8	44.3	

Показатели	Производитель ЗАО «ПРОФУПАК» (Россия)								
	Вид плёнки								
	Контрольный образец	Мелкая перфорация		Средняя перфорация		Крупная перфорация		Барьерная пленка	
Лицо		Изнанка	Лицо	Изнанка	Лицо	Изнанка	Лицо	Изнанка	
<u>14 дней</u>									
Влажность, %	12.2	12.2	12.6	12.3	12.2	12.8	12.4	11.0	12.2
КЧЖ, мг КОН/1 г жира	18,8	33.4	31.7	33.3	32.9	32.8	33.3	28.9	29.4
<u>1,5 месяца</u>									
Влажность, %	13.5	11.3	11.2	11.1	11.6	11.2	11.3	11.4	12.8
КЧЖ, мг КОН/1 г жира	47,9	43.6	44.7	44.1	45.0	44.6	38.4	45.7	46.7

Согласно данным, приведенным в таблице, видно, что: показатели влажности муки во всех образцах находятся в пределах нормы (< 14,5%) при хранении в течение 14 дней и 1,5 месяцев по методике ускоренного хранения; повышение влажности внутри образцов после 14 дней хранения свидетельствует о естественном увлажнении муки из-за проникновения влаги из окружающей среды через перфорированную поверхность пленки; уменьшение влажности муки в образцах из барьерных пленок свидетельствует об их функции препятствовать попаданию влаги из окружающего пространства; показатель кислотного числа жира для всех образцов находится в пределах нормы, при этом наблюдается тенденция его роста на 14 ед. через 14 дней хранения муки и на 15-20 ед. через 1,5 месяца; в целом за исследуемое время хранения экспериментальные упаковочные материалы позволяют сохранять свойства качества муки на требуемом уровне.

## **СИСТЕМАТИЗАЦИЯ ВЫКРАСОК ЛЬНА, ПОЛУЧЕННЫХ ПО ЭКОЛОГИЧНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРИРОДНЫМИ КРАСИТЕЛЯМИ**

*Дмитриченко М.В., Третьякова А.Е., Сафонов В.В.*

**Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия**

Лен – уникальное волокно с ценными гигиеническими свойствами, которое успешно произрастает в климатических условиях России и составляет конкуренцию хлопку. Современные модные бренды предлагают потребителю широкий выбор текстильных изделий из льна, который входит в круг так называемого экологичного текстиля. Чтобы создать такой тек-

стиль, необходимо соблюдать технологии, обеспечивающие минимизацию нагрузки на окружающий мир, а также выполнение санитарно-гигиенических норм, предъявляемых к готовым текстильным изделиям.

Одним из таких путей является использование природных красителей – постоянно возобновляемого ресурса, обладающих ценными биоцидно-гигиеническими свойствами. Применение природных красителей в крашении текстильных материалов является одним из направлений экологичного текстиля. Такой ассортимент текстильных изделий позволяет расширить возможности эксплуатации текстильных изделий в области детского, гипоаллергенного и медицинского назначения.

С колористической точки зрения природные красители, несмотря на «богатство» красок окружающего мира, дают достаточно ограниченную гамму цветов с точки зрения разнообразия и интенсивности получаемой окраски. Сложность использования сырья природных красителей – это трудность извлечения конкретного соединения, отвечающего за окрашивание материала. Следует отметить, что технология крашения красителями натурального происхождения является достаточно дорогостоящей, что связано с производством этих красителей: выращивание и переработка. В условиях климата средней полосы растет достаточно большое число растений, которое обеспечивает окраску текстильных изделий. При использовании растений, произрастающих в тропическом климате, можно получить более насыщенные и яркие краски.

Разработка оптимальных условий технологического процесса крашения природными красителями льняных текстильных материалов позволяет повысить экологичность и получить уникальные ценные колористические параметры приобретаемой окраски. Взяты разнообразные источники сырья, произрастающие не только на территории России, но в тропическом климате: кора дуба, крушины, ели, барвинка, ягоды барбариса, куркума, чили, листья шалфея, зверобоя, вахты трифоли, бутоны гибискуса (китайской розы), листья тайской орхидеи – клитории. Это позволило получить широкую цветовую гамму (желтый, коричневый, красный / розовый / оранжевый, синий, зеленый, черный).

Другим сложным аспектом применения природных красителей является их фиксация на волокне, поскольку необходимо использовать так называемые протравы, часто содержащие соли металлов. Проблематичным является то, что многие металлосодержащие протравы по своей природе токсичны и канцерогенны, например, традиционно применяемый хром (III, VI). Необходимость использования протрав заключается в том, что большинство природных красителей не имеет сродства к волокну, в то время как катион металла создает дополнительный центр сорбции на волокне для молекулы красителя за счет высокого значения координационного числа, иначе говоря, образуется комплекс волокно-металл-краситель. В связи с этим в работе проводился поиск альтернативных протравных агентов,

снижающих нагрузку на экологию окружающей среды, например беспротравная технология

Проведенные исследования показали, что возможна в ряде случаев замена токсичных металлов на более безопасные и обеспечивающие сохранение «естественного» оттенка. Оценка прочности полученных выкрасок в ряде случаев показала пятибалльную устойчивость к стиркам – исчезает явление линьки, закрашивания смежных образцов.

Далее составлялся атлас полученных окрасок. На сегодняшний день существует несколько основных атласов, основными из которых являются атласы Оствальда, Манселла, Pantone Matching System и др. В основе таких цветовых атласов находятся опорные цвета, которые либо смешивают между собой, либо к ним добавляют ахроматические цвета (цвет без цвета, например от черного к белому, проходя через серые цвета). В любом случае необходимо знать исходное соотношение цвета или иметь в наличии заданные красители для получения или воспроизведения необходимого тона, оттенка. В случае с природными красителями такой подход затруднен, поскольку окрашенное сырье представляет собой набор различных соединений и зависит от ряда факторов, в том числе и агротехнических условий.

Предложено составить перечень цветовых выкрасок согласно равноконтрастной системе  $CIEL^*a^*b^*$ , охватывающей все цвета, имеющиеся в природе, и применяемой в различных цветоизмерительных и графических программных обеспечениях.

Объемное тело системы  $CIEL^*a^*b^*$  представляет собой цилиндр, поэтому листы атласа образцов, окрашенных природными красителями, являются сечением, кругом цветовой системы  $CIEL^*a^*b^*$ . Таким образом можно наглядно представить и накапливать информацию о природных красителях, располагая их цветовым охватом и изменениями, связанными с применением различных по природе протрав.

## **ПРИМЕНЕНИЕ НЕРАСТВОРИМЫХ АЛЮМОСИЛИКАТОВ В ПРОЦЕССАХ ТЕКСТИЛЬНОЙ ХИМИИ\***

*Владимирцева Е.Л., Шарнина Л.В.*

**Ивановский государственный химико-технологический университет, Россия**

В настоящий момент в технологии текстильной промышленности большое внимание уделяется поиску новых недорогих и экологически безопасных препаратов, позволяющих улучшить колористические показатели текстильных материалов, снизить себестоимость, повысить качество

---

\* Работа выполнена в соответствии с Государственным заданием Министерства образования и науки РФ.

и конкурентоспособность выпускаемой продукции на внутреннем и мировом рынках.

На кафедре ХТВМ ИГХТУ в течение ряда лет проводятся исследования, направленные на поиск путей использования в текстильной отрасли нерастворимых алюмосиликатов.

В работе используются нерастворимые природные минералы, отличающиеся месторождением, составом и наличием примесей, что обуславливает характеристики и цвет минералов. Применяется также фторированный алюмосиликат (ФТАС), являющийся побочным продуктом в синтезе фторида алюминия и содержащий его в качестве примеси в количестве 2-8 %.

Уникальные свойства нерастворимых алюмосиликатов, такие как самопроизвольная диспергируемость в воде, высокая сорбционная и обменная способности позволяют находить им применение в различных технологических процессах текстильного отделочного производства.

Так, в процессах отбеливания текстильных материалов ФТАС, бентонит и каолин могут успешно заменить традиционные стабилизирующие системы [1]. Порошки алюмосиликатов активно сорбируют металлы переменной валентности. При этом возможен их обмен на ионы  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$ , входящих в состав минералов, увеличение концентрации которых в отбельной ванне способствует высокой устойчивости пероксида водорода. Беление текстильных материалов с применением алюмосиликатов приводит к повышению белизны ткани, снижению деструкции, не вызывает увеличения жесткости и усадки материала.

То, что ФТАС имеет в своем составе нерастворимую ( $x\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot y\text{SiO}_2$ ) и водорастворимую ( $\text{AlF}_3$ ) фракцию обуславливает тот факт, что он одновременно обладает свойствами катализатора и гидрофобизатора. Это позволяет использовать его в процессах заключительной отделки целлюлозосодержащих текстильных материалов (гидрофобная, малосминаемая и др.) [2, 3]. При этом возможно снижение температуры фиксации до  $120^\circ\text{C}$ , улучшение технических результатов и сохранение мягкого грифа ткани.

Также ФТАС может применяться в качестве катализатора при совмещении пигментного крашения и заключительной отделки тканей композициями на основе низкоформальдегидных предконденсатов терморезистивных смол. По сравнению с традиционными каталитическими системами его использование дает положительные результаты по всем контрольным показателям: несминаемость материалов увеличивается на 10-15% при сохранении мягкого грифа и хороших колористических показателей окраски [2]. Кроме того, порошок минерала может вводиться в пигментную композицию в качестве купажа, изменяя не только насыщенность расцветки, но и фактуру рисунка, создавая оригинальные колористические эффекты.

Еще одним из вариантов использования нерастворимых алюмосиликатов в текстиле является обработка в их дисперсии шерстяных текстиль-

ных материалов. Шерстяное волокно имеет поверхностный чешуйчатый слой, а также поры и пустоты размером до 12 мкм. В свою очередь, алюмосиликаты полидисперсны и содержат частицы с размерами от 0,2 мкм, Мельчайшие фракции фиксируются на поверхности шерсти и сообщают ей улучшенные характеристики: мягкость, наполненность, устойчивость к гнилостным бактериям и УФ-излучению [4, 5]. Наличие в составе глинистых элементов, способных к комплексообразованию (например, алюминия) позволяет проводить крашение шерстяных материалов хромовыми красителями без использования солей хрома. Применение различных препаратов дает возможность с использованием одного красителя получать окраски различных цветов и оттенков.

Таким образом, полученные результаты позволяют говорить о технологических возможностях использования нерастворимых алюмосиликатов в процессах подготовки, модификации свойств, колорирования и заключительной отделки текстильных материалов, в которых востребованы сорбционная, ионообменная способности, дисперсность и гидрофобность.

#### Литература

1. Булугов А.В., Шарнина Л.В., Блиничева И.Б., Катровцева А.В. Новые стабилизаторы пероксидного беления шерстяных материалов // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2008. – № 1 (305). – С.50-53.

2. Владимирцева Е.Л., Шарнина Л.В., Блиничева И.Б. Применение синтетического алюмосиликата в процессах заключительной отделки текстильных материалов предконденсатами термореактивных смол // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2008. – № 3. – С.80-83.

3. Владимирцева Е.Л., Шарнина Л.В., Блиничева И.Б. Применение синтетического алюмосиликата в гидрофобной отделке текстильных материалов // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2008. – № 4. – С.77-80.

4. Владимирцева Е.Л., Шарнина Л.В., Блиничева И.Б. и др. Исследование сорбции алюмосиликатов шерстяным волокном // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2010. – № 8. – С.50-54.

5. Владимирцева Е.Л., Шарнина Л.В., Вельбой М.А. Улучшение потребительских свойств шерсти // Известия вузов. Технология легкой промышленности. – 2012. – № 3. – С.91-95.

## ПОЛУЧЕНИЕ ВЫСОКОПОРИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ ПУТЁМ ЭЛЕКТРОЛИЗА РАСТВОРА ХИТОЗАНА\*

*Беликов-Филиппов В.Р., Кильдеева Н.Р.*

Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

Основными требованиями, предъявляемыми к полимерным материалам медицинского назначения, являются биосовместимость и способность к биодеградации. Биодеградируемые и биосовместимые материалы способны разрушаться в организме с образованием нетоксичных продуктов – метаболитов, которые выводятся из организма или усваиваются им. Этими свойствами обладают, прежде всего, полимеры природного происхождения – биополимеры.

Перспективным направлением использования биополимеров является создание на их основе пористых материалов для заместительной хирургии. Их основная роль – это обеспечение пространства для роста и поддержки пролиферирующих клеток в процессе их размножения. В результате формируется живая ткань нужного типа и формы: гладкая (печень, почки), эпителиальная (кожа), фибробласты (мышечная ткань), остеобласты (костная ткань). После формирования нужной ткани полимерная матрица, выполнив свою функцию, должна «исчезнуть», то есть деградировать – разрушиться под действием ферментной системы организма. Таким образом, не возникает необходимости в операции для удаления имплантата.

Как правило, в качестве матриц для тканевой инженерии используют пористые двумерные (плёночные) или трехмерные (например, губки) биодеградируемые материалы. Существует несколько методов получения пористых материалов для выращивания клеток, среди которых электроформование (однако этим методом сложно получить широкопористый трехмерный материал) и энергозатратные методы (они связаны с замораживанием раствора полимера).

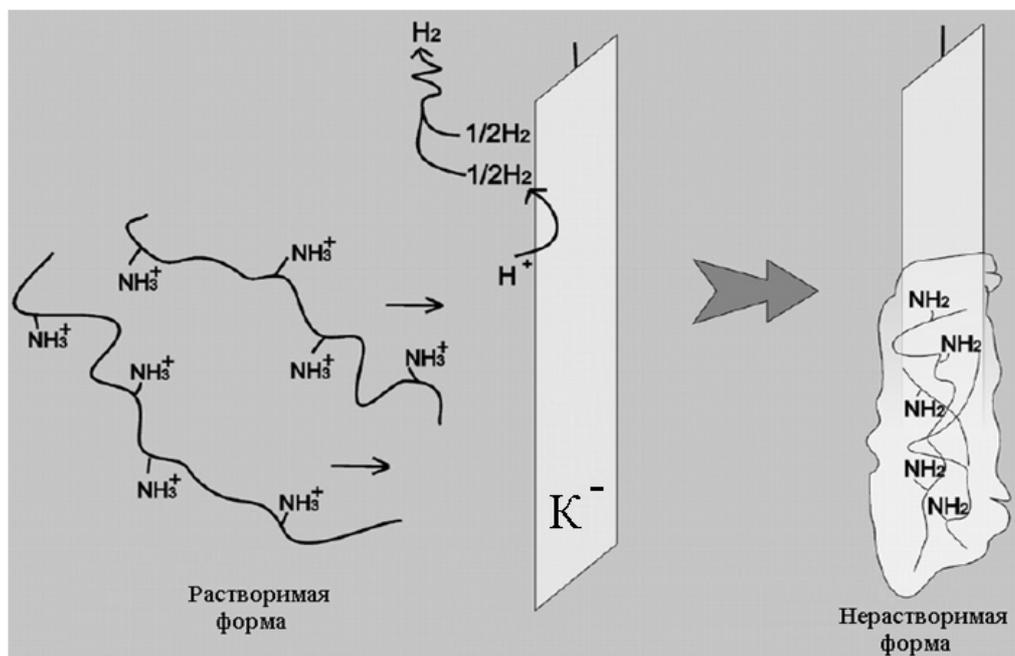
Настоящая работа посвящена разработке нового метода получения высокопористого материала путем электролиза раствора аминоксодержащего биодеградируемого полимера – хитозана. Хитозан получают путем дезацетилирования природного полисахарида хитина, который содержится в составе экзоскелета большинства классов беспозвоночных животных (членистоногие, кольчатые черви, моллюски). Хитозан широко используется в медицине и биотехнологии благодаря его биосовместимости, биоразлагаемости и способности растворяться в водных растворах одноосновных кислот. Кроме того, в каждом элементарном звене хитозана содержится ре-

---

\* Работа выполнена в рамках базовой части государственного задания вузам в 2015 г. проект № 2698 и при поддержке РФФИ проект № 15-04-01.

акционно-способная аминогруппа, обеспечивающая возможность модификации полимера и сорбционную способность материалам на его основе.

Благодаря наличию способной к протонированию аминогруппы и растворимости хитозана в водных растворах карбоновых кислот он проявляет свойства полиэлектролита. В процессе пропускания постоянного тока через электролитическую ячейку, содержащую раствор хитозана, аминополисахарид переходит в нерастворимую в воде форму основания и осаждается на катоде в виде пористого гидрогеля (рис. 1).



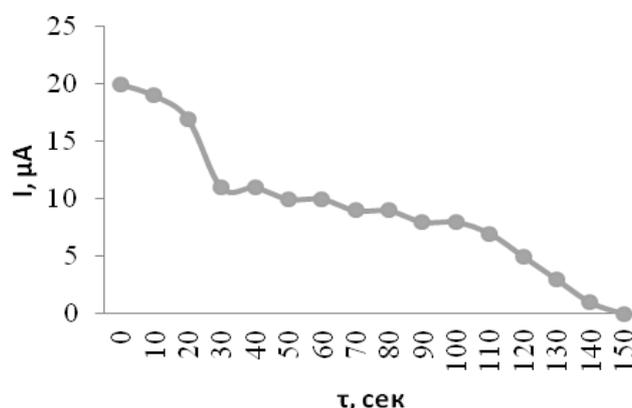
**Рис. 1.** Принцип электрохимического осаждения хитозана из раствора

Пористая морфология гидрогеля хитозана обусловлена выделением на катоде образующихся в процессе электролиза пузырьков водорода и иммобилизацией их внутри осажденного полимера.

В работе был использован хитозан с различной молекулярной массой 190кДа, 700кДа и 1000кДа и одинаковой степенью дезацетилирования (85%). В процессе электролиза раствора хитозана с ММ 190кДа полимер не удалось осадить на электроде, так как осаждающийся полимер снова растворялся в растворе уксусной кислоты, которая присутствует в электролизном растворе. Хитозан с высокой молекулярной массой вследствие его меньшей растворимости хорошо высаживался по всей площади электрода. Для увеличения выхода нерастворимой формы хитозана электролиз проводили в несколько циклов, в результате чего удалось высадить более 50 % хитозана, содержащегося в электролизном растворе.

Выход полимера изменялся с изменением концентрации уксусной кислоты: при минимальном содержании кислоты 0,05М, обеспечивающем 100%-ную ионизацию аминогрупп хитозана, выход хитозана был максимальным.

Как видно из рис. 2, сила тока в процессе электролиза уменьшается. Это происходит вследствие роста сопротивления раствора при уменьшении концентрации ионизованной формы полиэлектролита. Величина силы тока была разной в разных циклах электролиза, что связано с изменением электропроводности раствора. Полученный в первом цикле пористый гидрогель для предотвращения растворения хитозана помещали в 1% раствор аммиака, свободная уксусная кислота реагировала с молекулами аммиака, и в результате материал в новом цикле электролиза содержал ацетат аммония, степень диссоциации которого, а следовательно, и электропроводность, выше, чем у уксусной кислоты.



**Рис. 2. Зависимость силы тока от времени электролиза**

Таким образом, в результате проведенных исследований была показана возможность получения пористого биосовместимого материала путем электролиза водного раствора хитозана в низкоконцентрированном растворе уксусной кислоты.

Было показано, что масса пористого слоя осажденного на катоде хитозана зависит от его молекулярной массы, концентрации раствора кислоты, продолжительности электролиза и числа его стадий.

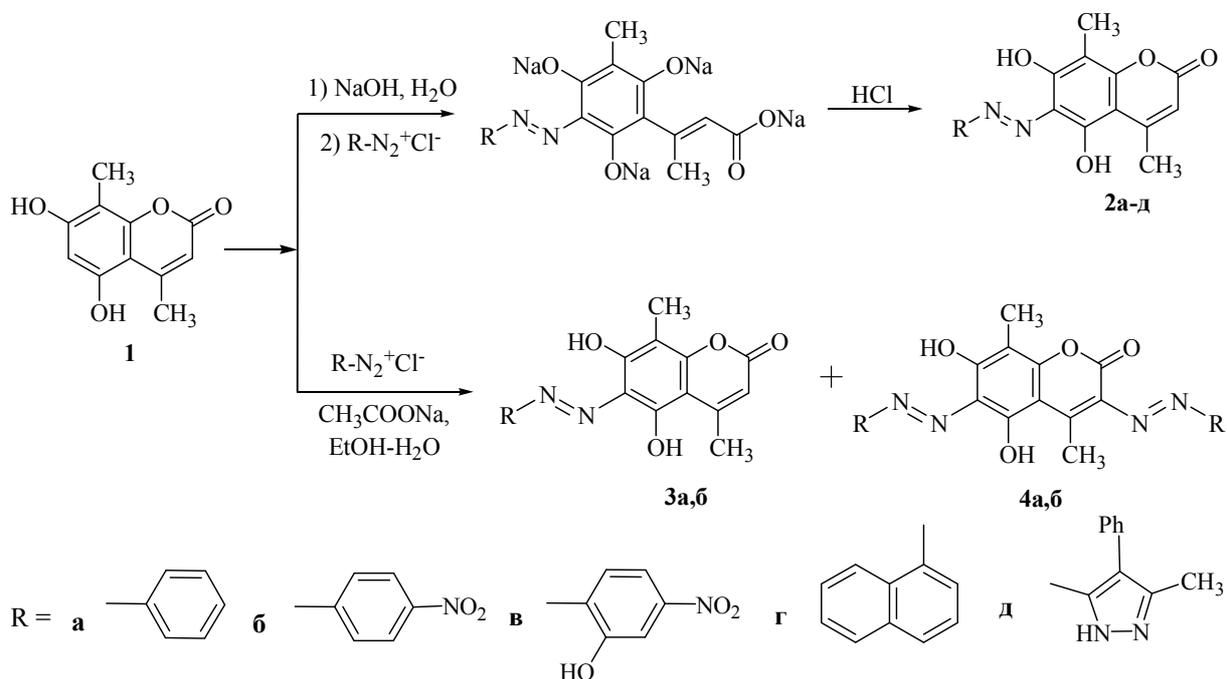
## **СИНТЕЗ НОВЫХ АЗОБЕНЗОПИРАНОВ И ИССЛЕДОВАНИЕ ИХ В КАЧЕСТВЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ КРАСИТЕЛЕЙ\***

*Бобылев С.С., Кузнецов Д.Н., Мелешенкова В.В., Ляхова Е.В.*  
 Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

С целью расширения ассортимента азокрасителей со специальными биопротекторными свойствами для текстильных материалов различной природы предложены новые, ранее неописанные азобензопираны **2а-д**, **3а,б** и **4а,б**.

\* Исследование выполнено при поддержке Министерства образования и науки РФ, задание № 4.143.2014/К.

Впервые изучена реакция азосочетания 5,7-дигидрокси-4,8-диметилхромен-2-она **1** и найдены условия, позволяющие селективно получать соответствующие моно- или бисазосоединения.



Чтобы исключить возможность протекания реакции по пирановому циклу, реакцию азосочетания проводили в щелочной среде с использованием 10%-ного водного раствора NaOH. Как известно, в этих условиях происходит раскрытие пиранового кольца с образованием соответствующей натриевой соли, и реакция азосочетания должна селективно проходить в бензольное кольцо. По завершению реакции азосочетания реакционную массу подкисляют до pH 3-4, что приводит к рециклизации пиранового кольца с образованием окрашенных азосоединений **2 а-д**.

В результате изучения реакции азосочетания кумарина **1** с солями диазония в водно-спиртовой среде (в присутствии AcONa) было выявлено, что при соотношении реагентов от 1:1 до 1:2 получается смесь моно- и бисазосоединений, разделение которых возможно только с помощью препаративной колонной хроматографии с использованием в качестве подвижной фазы хлороформа (в случае соединений **3а** и **4а**) или смеси бензол-этанол 20:1 (в случае соединений **3б** и **4б**), а в качестве неподвижной – силикагеля марки – Silica gel Silpearl. При соотношении реагентов 1:3 удается селективно получить продукты бисазосочетания **4а,б**.

Установлено, что реакция азосочетания кумарина **3** с изученными солями диазония в сильно кислой среде (pH 1-2) не протекает.

Состав и строение синтезированных азосоединений доказаны данными элементного анализа, ИК-, ЯМР <sup>1</sup>H- спектроскопией, ЭСП, масс-спектрометрией.

Таблица

Выходы, физико-химические характеристики синтезированных соединений **2а-д**, **4а,б** и свойства окрашенных ими образцов капрона

Соединения	T <sub>пл</sub> , С°	R <sub>f</sub> <sup>*2</sup>	λ <sub>max</sub> , нм (lgε) <sup>*1</sup>	Выход, %	Устойчивость окрашенных материалов к физико-химическим воздействиям <sup>*4</sup>				
					Цвет окрашенной ткани	Сухое трение	Мокрое трение	Стирка <sup>*3</sup>	Пот
<b>2а</b>	233 - 235	0,33 (б)	376,06* (4,44)	75	Желто-коричневый	5/5	5/5	4/5/4	5/5/4
<b>2б</b>	255 - 257	0,74 (а)	404,02 (4,48)	85	Желто-зеленый	5/5	5/5	5/5/4	5/5/4
<b>2в</b>	201 - 203	0,80 (в)	447,41 (4,06)	83	Темно-коричневый	5/5	5/5	5/5/5	5/5/5
<b>2г</b>	242 - 245	0,52 (б)	442,65 (4,22)	86	Коричневый	5/5	5/5	5/5/4	5/5/5
<b>2д</b>	300 - 302	0,23 (г)	385,34 (4,46)	81	Желто-коричневый	5/5	5/5	5/5/4	5/5/5
<b>4а</b>	207 - 210	0,15 (б)	474,60 (4,08)	60	Красно-коричневый	5/5	5/5	5/5/5	5/5/5
<b>4б</b>	176 - 179	0,88 (а)	400,14 (4,37)	65	Зелено-коричневый	5/5	5/5	5/5/4	5/5/4

\* – точка максимума поглощения на спектральных кривых;

\*<sup>1</sup> – Спектры соединений записаны в EtOH;

\*<sup>2</sup> – Чистоту синтезированных соединений контролировали методом ТСХ (пластинки Silufol UV-254) в системе растворителей: (а) EtOH – бензол 1:5; (б) хлороформ; (в) Me<sub>2</sub>CO – Et<sub>2</sub>O 1:1; (г) MeOH.

\*<sup>3</sup> – В случае сухого и мокрого трения первая цифра соответствует оценке изменения первоначальной окраски окрашенного образца, вторая цифра соответствует оценке степени закрашивания белого хлопкового волокна. В случае мокрых обработок первая цифра соответствует оценке изменения первоначальной окраски окрашенного образца, вторая цифра соответствует оценке степени закрашивания белого материала из того же волокна, третья цифра соответствует оценке степени закрашивания смежной вязкой ткани.

\*<sup>4</sup> – оценка проводилась по 5- балльной шкале серых эталонов.

Азосоединения **2а-д** и **4а,б** испытаны в качестве дисперсных красителей для крашения капрона в условиях стандартного крашения дисперсными красителями. Образцы, окрашенные красителями **2а-д** и **4а,б**, имеют цвета желто-коричневой гаммы.

Полученные окрашенные образцы исследовали на устойчивость к сухому и мокрому трению ГОСТ 9733.27-83, мокрой обработке ГОСТ 9733.4-83 (MS ISO 105CO5). Устойчивость окраски образцов оценивалась по 5-ти балльной шкале серых эталонов на спектрофотометре Datascolor mod.3880 с помощью пакета программ для решения задач текстильной колористики «Павлин». Результаты испытаний выкрасок представлены в таблице. Как видно из приведенных в таблице данных, окрашенные образцы обладают высокой устойчивостью к сухому и мокрому трению, мокрым обработкам.

## **ОКИСЛИТЕЛЬНАЯ МОДИФИКАЦИЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ**

*Городник Е.Н., Чурсин В.И.*

**Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия**

Производство замши, основанное на обработке голя после удаления лицевого слоя непредельными жирами с последующим окислением их при повышенной температуре, представляет собой достаточно сложный и трудно регулируемый технологический процесс. Кроме того технологический цикл традиционного производства растянут до двух недель и не отвечает современным требованиям экологии и охране труда работников предприятия. Это обстоятельство является основой того, что в настоящее время натуральная замша практически не вырабатывается. В то же время этот вид кожи востребован в различных отраслевых сегментах, поскольку является прекрасным материалом для изготовления одежды и кожгалантереи, незаменим в производстве изделий ортопедического назначения, широко используется для технических целей (фильтрация, протирка оптических приборов, автомобилей).

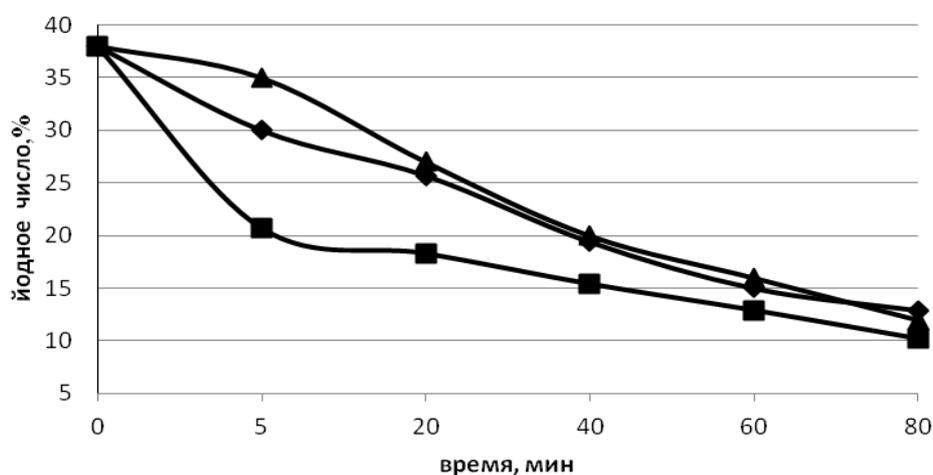
Целью настоящей работы является синтез функционального химического материала, с помощью которого можно осуществлять дубление голя и получение натуральной замши в типовых технологических условиях кожевенного предприятия. Поскольку натуральные рыбьи жиры (ворвани) относятся к дефицитным продуктам, в качестве основного объекта исследования было предложено использование растительных масел. Растительные масла являются одним из наиболее дешевых и распространенных видов биологического сырья доступного в больших объемах.

На первом этапе работы стояла задача исследовать кинетику окисления растительных масел и охарактеризовать свойства полученных продуктов. Жиры, используемые при замшевом дублении, должны содержать в своем составе непредельные жирные кислоты, которые окисляются кислородом воздуха с образованием реакционноспособных химических соединений, обладающих структурирующим действием по отношению к основному белку дермы - коллагену.

К ненасыщенным жирным кислотам, содержащимся в растительных маслах, относятся олеиновая, линолевая и линоленовая кислоты, в которых соответственно имеются одна, две и три двойные связи. Это обстоятельство определило выбор, в качестве модельного соединения при исследовании процесса окисления, Олеокса -7 - продукта на основе оксиэтилированной олеиновой кислоты [1]. В качестве окислителей применяли надмуравьиную, надуксусную, фосфомолибденовую кислоты, пероксид водорода и перкарбонат натрия.

Кинетику окисления оценивали по накоплению пероксидных соединений, которые определялись йодометрическим методом, значению йодного числа и показателю преломления. Конечные продукты окисления Олеокса исследовали на содержание альдегидных и эпоксидных групп.

Как следует из представленного рисунка, в процессе окисления Олеокса наблюдается снижение значения йодного числа, а также происходит накопление пероксидов, что согласуется с данными, приведенными в литературе [2]. На основании экспериментальных данных можно сделать вывод, что наиболее эффективно действует на двойные связи в Олеоксе пероксид водорода. В окисленном продукте обнаружены эпоксидные группы, являющиеся наряду с альдегидами, основными компонентами, обуславливающими дубящее действие окисленных жиров. Эпоксидное число окисленного Олеокса в зависимости от вида окислителя составляет 3,15-3,72, что соответствует результатам, полученным при окислении растительного масла [3].



**Рис.1. Кинетика окисления Олеокса**

◆ надмур.    ■ перекись    ▲ надуксус.

В результате эксперимента обоснован выбор окислителя, в качестве которого наиболее целесообразно использовать пероксид водорода, яв-

ляющийся крупнотоннажным, недорогим и экологически чистым продуктом.

В соответствии с разработанной технологией осуществляли окислительную модификацию растительных масел, характеризующихся наиболее высокими значениями йодного числа, а именно, рапсового, кукурузного, подсолнечного и льняного. Результаты эксперимента представлены в табл.1.

Таблица 1

Кинетика окисления и характеристика продуктов модификации растительных масел

Масло	Изменение йодного числа в зависимости от времени окисления ( мин)						Альдегидное число	Эпоксидное число
	исходное	5	20	40	60	80		
Рапсовое	110	58	46,3	33	28,1	21	2,1	2,5
Кукурузное	123	72,6	58,1	43	32,5	26	2,15	2,3
Подсолнечное	122	82,1	65,6	51	35,9	24,5	2,5	2,9
Льняное	181	86	71,7	56,1	38,2	24	2,4	2,23

Экспериментально показано, что процесс окисления определяется не значением йодного числа, а соотношением непредельных кислот в масле. Окисление льняного масла, содержащего наибольшее количество кислот с двумя и тремя непредельными связями, наиболее эффективно происходит на начальной стадии модификации в течение 5 минут. В дальнейшем йодное число растительных масел изменяется по линейной зависимости. Сравнивая значения йодных чисел модифицированных растительных масел, можно отметить следующую закономерность - наименьшее йодное число зафиксировано для рапсового масла, содержащего только 6,5% насыщенных кислот, а наибольшее йодное число имеет модифицированное кукурузное масло, содержание ненасыщенных кислот в котором в два раза больше (12,7%). Таким образом, можно предположить, что определенное влияние на процесс окисления растительных масел оказывает содержание в них непредельных жирных кислот, таких как стеариновая и пальмитиновая.

Исходя из положения, что более высокой дубящей способностью обладают продукты окисления, содержащие альдегидные и эпоксидные группы, в качестве основного критерия при выборе того или иного растительного масла для выработки замши следует принимать не значение йодного числа, а суммарное количество реакционноспособных соединений, которое можно определить по альдегидному и эпоксидному числам. Как следует из данных, приведенных в табл.1, оптимальным в этом отношении растительным маслом является подсолнечное.

При разработке технологии жирового дубления учитывали возможность предварительного структурирования дермы органическими дубителями и улучшение смачиваемости поверхности структурных элементов

поверхностно-активными веществами, входящими в состав продукта модификации растительных масел. Исследована кинетика жирового дубления в различных модификациях и показано, что наиболее высокая температура сваривания, характеризующая эффект дубления, достигается при использовании предварительного пикелевания и структурирования альдегидами. Технологический процесс замшевания по новой технологии не превышает 48 часов и проводится на типовом технологическом оборудовании, без использования специализированных барабанов с продувкой горячего воздуха. Расход модифицированного масла на 30% меньше, чем расход ворвани в традиционном процессе.

По внешнему виду экспериментальные образцы натуральной замши отличались от традиционной замши более светлым цветом, высокой эластичностью, отсутствием специфического запаха. Определен комплекс показателей качества замши, выработанной с использованием окисленных масел, и показано, что в отличие от импортных образцов, экспериментальные образцы характеризовались меньшими значениями рН хлоркалийевой вытяжки и низкой зольностью, что свидетельствует о её высоких потребительских свойствах.

#### Литература

1. *Дымент О.Н., Казанский К.Е., Мирошников А.М.* Гликоли и другие производные окисей этилена и пропилена. Под ред О.Н.Дымента. – М.: Химия, 1976. – 376 с.
2. *Абдуллин М.И., Басыров А.А., Куковинец О.С., Гладырин А.Б., Хамидуллина Г.И.* Эпоксидирование синдиотактического 1,2 полибутадиена надкислотами // Высокомолекулярные соединения. Сер.Б. – 2013. – Т.55. – №6. – С.712-717.
3. *Goud V.V., Partwardhan A.V., Pradhan N.C.* Studies on the epoxidation of mahua oil by hydrogen peroxide // Bioresource Technologie. – 2006. – № 97. – P.1365-1371.

### **МОДИФИКАЦИЯ ПЭВД УГЛЕРОДНЫМИ НАНОТРУБКАМИ**

***Карбанов П.С., Дмитриенко Т.А.***

**Новосибирский технологический институт (филиал) МГУДТ, Россия**

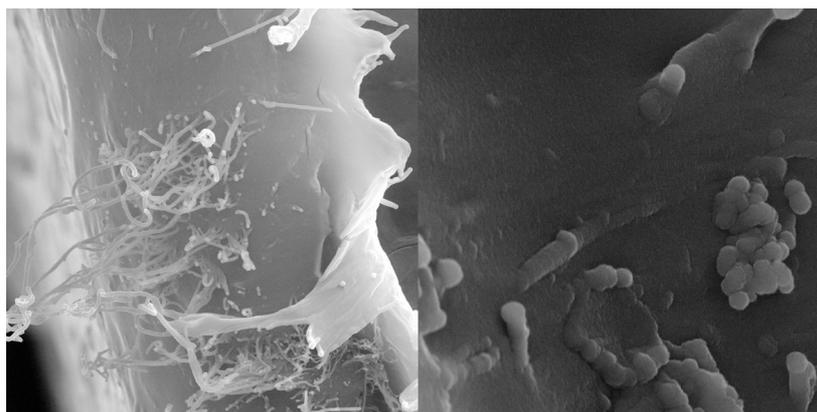
Для модификации полимерных композиций широко применяются углеродные нанотрубки (УНТ). Модификация полимерных материалов УНТ обеспечивает возможность повышения их электростатических, токопроводящих, механических свойств и придания материалам различных специфических характеристик. При этом установлено, что положительные эффекты модификации обусловлены в основном стимулирующим дейст-

вием УНТ при формировании надмолекулярных структур, упрочняющих полимерные материалы. Модифицирующий эффект достигается при их небольшом содержании в полимере (0,01-0,05% от массы полимера) из-за чрезвычайно малых размеров УНТ (от одного до нескольких десятков нанометров) [1].

В работе исследована возможность введения УНТ Tuboll в полиэтилен высокого давления (ПЭВД), применяемый для упаковочных плёнок, и проведена оценка модифицирующего эффекта. Углеродные нанотрубки в исходном состоянии представляют собой ватообразное вещество и поэтому их введение в полимер требует тщательного распределения УНТ в объеме смеси. С этой целью перед смешением ПЭВД с УНТ гранулы полимера размельчали до порошкообразного состояния с размером частиц 0,2-0,5 мм, а спрессованные ватообразные агломераты нанотрубок разбивали в молотковой мельнице. Затем УНТ добавляли в размельчённый ПЭВД в объёме от 0,001 до 0,1% от массы полимера.

Подготовленные навески компонентов предварительно перемешивали в лабораторном барабанном смесителе, после чего загружали в бункер малогабаритного экструдера НС1С001Д543ВК и формовали рукавную плёнку.

Качество смешения компонентов оценивали с помощью электронного микроскопа ТМ1000 путем микроскопического анализа структуры плёнок. Микрофотография структуры плёнки, содержащей 0,05% УНТ (рис.1), иллюстрирует неполное диспергирование модификатора, микрокуски которого к тому же неравномерно распределены в объёме полимера, что может снижать способность УНТ формировать надмолекулярные структуры, упрочняющие полимер.



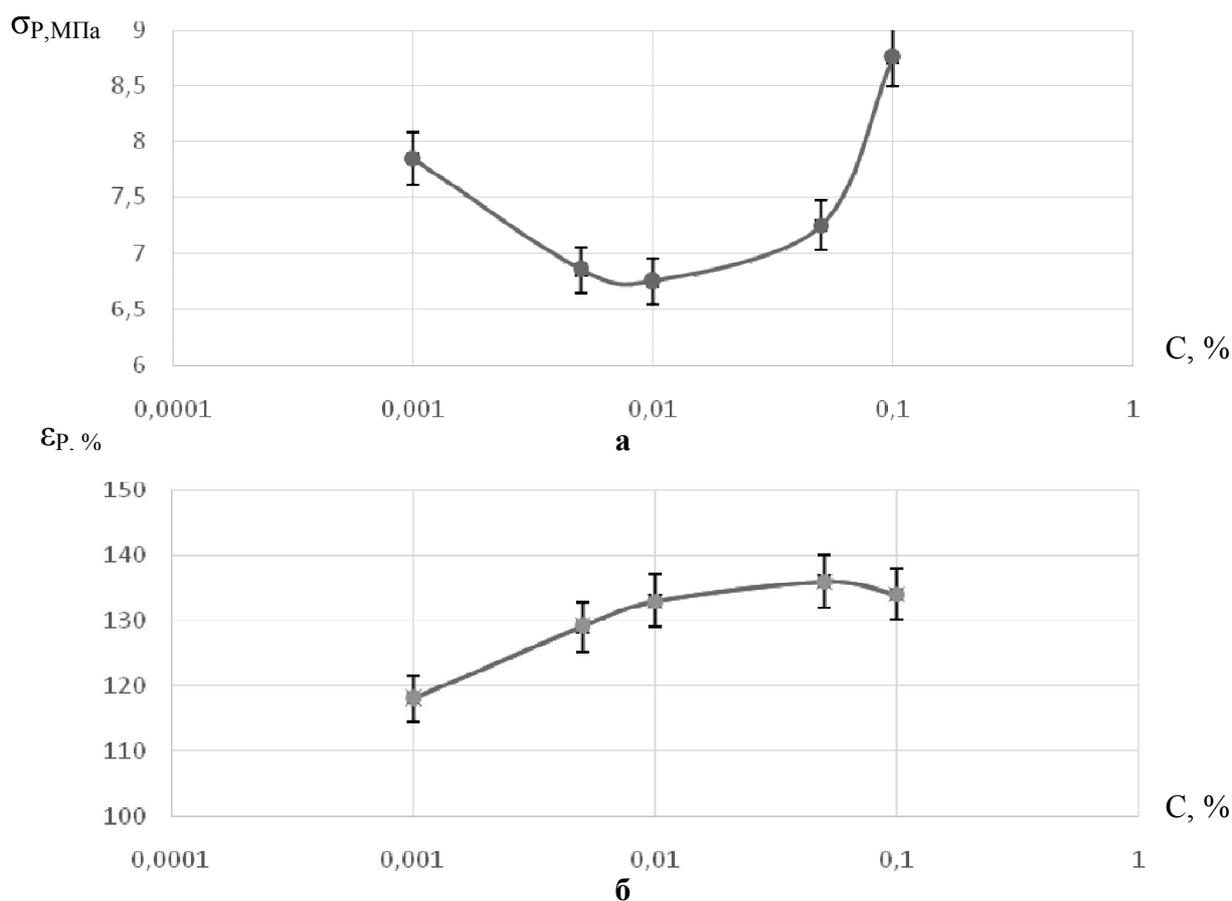
**Рис. 1. Микрофотография структуры ПЭВД, модифицированного УНТ**

По показателям деформационно-прочностных свойств образцов плёнок, определенным по ГОСТ 14236-81, оценивали эффективность модификации (рис.2, а).

Для количественной оценки этого эффекта определяли предел прочности при растяжении  $\sigma_p$  и относительное удлинение при разрыве  $\varepsilon_p$  пле-

нок в зависимости от содержания  $C$  нанотрубок в полимере. Поскольку плёнки, получаемые методом экструзии, обладают значительной анизотропией свойств, показатели  $\sigma_p$  и  $\varepsilon_p$  определяли как среднеарифметические значения результатов испытания образцов, вырубленных вдоль  $\sigma_{||}$  и  $\varepsilon_{||}$  и поперёк  $\sigma_{\perp}$  и  $\varepsilon_{\perp}$  направления экструзии, т.е.  $\sigma_p = \frac{(\sigma_{||} + \sigma_{\perp})}{2}$  и  $\varepsilon_p = \frac{(\varepsilon_{||} + \varepsilon_{\perp})}{2}$ .

Из рис.2, а следует, что с повышением содержания нанотрубок в полимере до  $C=0,01\%$  предел прочности при растяжении  $\sigma_p$  снижается, а при  $C>0,01\%$  повышается. Эту закономерность можно объяснить отмеченным выше невысоким качеством смешения компонентов смеси и наличием в ней недиспергированных микрокусков модификатора. Очевидно, при содержании модификатора менее  $0,01\%$  в смеси находится малое количество нанотрубок, диспергированных до отдельных единиц, которое не способно обеспечить массовое формирование надмолекулярных структур и существенный армирующий эффект. При содержании УНТ в полимере выше  $0,01\%$  соответственно возрастает количество нанотрубок, диспергированных до отдельных единиц, и их усиливающее полимер действие превалирует над негативным влиянием дефектных структур.



**Рис. 2. Влияние содержания  $C$  нанотрубок на предел прочности при растяжении  $\sigma_p$  (а) и относительное удлинение при разрыве  $\varepsilon_p$  (б) образцов пленок**

Закономерность изменения относительного удлинения  $\varepsilon_p$  от содержания модификатора (рис.2, б) соответствует общему правилу: при повышении показателя  $\sigma_p$  значение  $\varepsilon_p$  снижается и наоборот.

Таким образом, модификация ПЭВД углеродными нанотрубками позволяет повысить механические свойства полимерных материалов и изделий из них. При этом положительный эффект модификации может быть значительно выше рассмотренного, при условии обеспечения высокого качества смешения и диспергирования компонентов смеси.

## Литература

1. Дьячков П.Н. Углеродные нанотрубки: строение, свойства, применения. – М.: Бином, 2006. – 293 с.

### **ИММОБИЛИЗАЦИЯ ПОЛИФЕРМЕНТНЫХ ПРЕПАРАТОВ НА ХИТОЗАНСОДЕРЖАЩИЕ ЦЕЛЛЮЛОЗНЫЕ ТЕКСТИЛЬНЫЕ НОСИТЕЛИ ДЛЯ МЕДИЦИНСКИХ ЦЕЛЕЙ**

*Досадина Э.Э., Медушева Е.О., Романова Ю.В., Сыркин П.М., Белов А.А.*  
Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, г. Москва

В настоящее время производство перевязочных средств нового поколения превратилось в интенсивно развивающуюся отрасль химии полимеров медицинского назначения. Современные перевязочные средства по своему дизайну и свойствам существенно отличаются от традиционных. Под термином “раневое покрытие” подразумеваются не только привычные текстильные материалы (марля, сетка, трикотаж, нетканое полотно), но и порошки, пленки, губки, гидроколлоиды, гели, пасты и комбинации различных материалов [1-3]. Объектами многих исследований являются материалы на основе природного полисахарида целлюлозы (Ц) и ее производных. Большой потенциал целлюлозных волокон связан с их молекулярной структурой, которая предлагает отличные возможности как матрица для создания биоактивных, биосовместимых, и интеллектуальных материалов [4]. Как следует из данных, приведенных в литературе [5], целлюлозные волокна пока доминируют на текстильном рынке (52%). Преимуществом целлюлозных волокнистых материалов является наличие сырьевой базы и технологических процессов получения материалов различной формы: тканей (марли), нетканых и трикотажных полотен, ваты и т.п. Химическое модифицирование готовых физических форм целлюлозных волокнистых материалов и их последующее использование в качестве носителей лекарственных веществ является наиболее технологичным, т.к. позволяет проводить процесс на существующем оборудовании. Именно в связи с дешевой повязки на основе целлюлозных волокон не утратили своего значе-

ния до сих пор. Одна из причин этого — экономическая сторона вопроса. Дело в том, что высокая стоимость раневых повязок может являться существенным препятствием на пути их широкого использования, которым можно пренебречь лишь в том случае, если эффективность материала позволяет значительно сократить сроки лечения. Поэтому многие исследования посвящены модификации традиционных перевязочных средств на основе целлюлозной марли с целью устранения имеющихся недостатков и придания им новых свойств [1-4].

Широкое применение в медицине находят перевязочные материалы с иммобилизованными протеиназами, особенно с трипсином [1,2].

Как было отмечено в литературе [1,2], смесь ферментов дает явно лучший результат, чем каждый фермент в отдельности. Это может являться следствием того, что, например, комплекс протеиназ гидролизует белок глубже и быстрее, чем трипсин (или иной моноферментный препарат), и, возможно, хуже ингибируется. Повышенный интерес к природным препаратам ферментов объясняется в первую очередь тем, что органы и ткани растений, животных, ракообразных и микроорганизмов содержат чрезвычайно широкий набор биологически активных веществ, которые могут быть включены в качестве активных ингредиентов в состав различных лекарственных форм [1,2]. Повышенное внимание к полиферментным препаратам объясняется также их большей доступностью, простотой получения и выделения, обычно их цена в десятки, а то и сотни раз ниже, чем стоимость индивидуальных ферментов, выделяемых из различных источников. Показано, что лечебный эффект медицинских материалов с полиферментными препаратами выше, чем у моноферментных препаратов (при сравнении сроков очищения и полного заживления ран). Кроме того, изделия, полученные на основе полиферментных препаратов, обычно имеют меньшую себестоимость [1].

На основе окисленной целлюлозы (ДАЦ), хитозана и гидролаз [1] был создан лечебный слой полиферментной перевязочной повязки «Мультиферм».

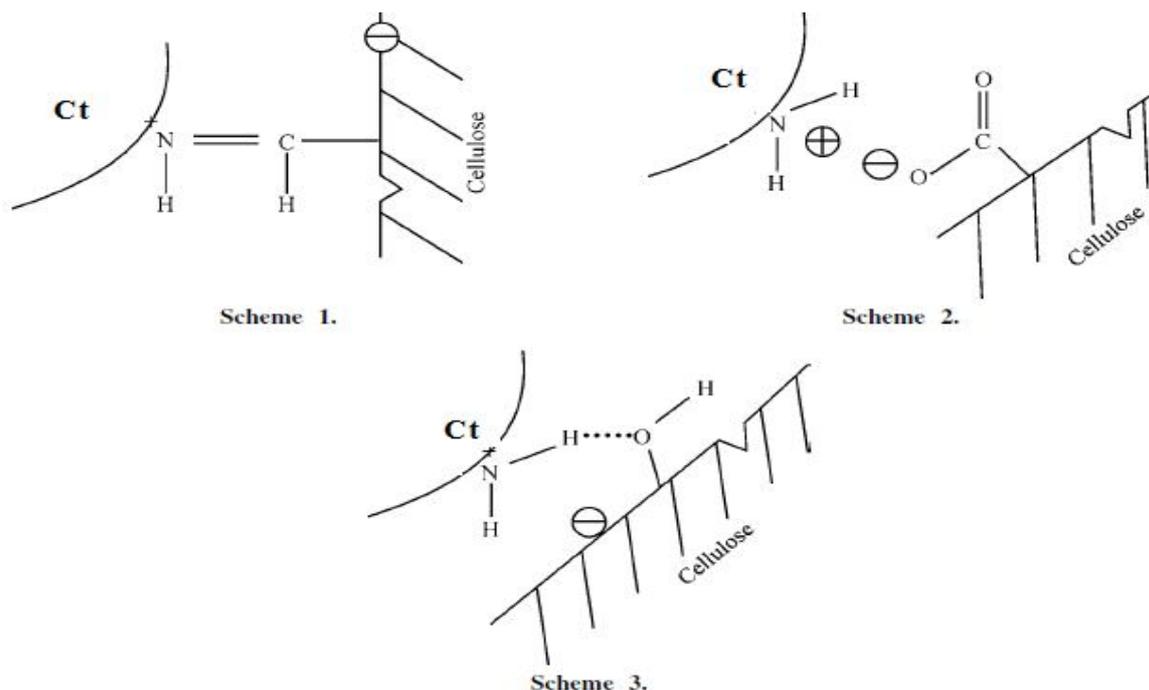
Основные проблемы, которые возникают при разработке и выпуске перевязочных материалов, содержащих ферменты (гидролазы и в частности протеиназы) [1]:

1. падение ферментативной активности в процессе получения, высушивания и хранения иммобилизованного препарата;
2. падение ферментативной активности в процессе стерилизации иммобилизованного препарата;
3. падение ферментативной активности в процессе использования иммобилизованного препарата (действие температуры тела, рН, различных ингибиторов и т.д.).

И если одни из проблем находят легкое технологическое решение, то другие не решены полностью до сих пор [1].

Нами были иммобилизованы на различные целлюлозные носители (в виде марли либо продуктов ее дальнейшей переработки: корпии, порошка и т.д.) природные полиферментные препараты: **ПК** – протеолитический комплекс из гепатопанкреаса краба, **Брм** – бромелаин (комплекс ферментов из ананаса), **Лз** – лизоамидаза (полиферментный препарат, продуцируемый бактериальной культурой из семейства *Pseudomonodaceae*), коллитин – (полиферментный препарат из поджелудочной железы свиньи), криллаза (полиферментный препарат из криля), комплекс протеолитических ферментов из лизата клеток *Halobacterium* sp. Для каждого из перечисленных препаратов были подобраны оптимальные условия получения (не только минимальные константы инактивации и сохранение необходимой ферментативной активности после стерилизации и в конце срока хранения, но и получение иммобилизованных препаратов с необходимыми санитарно-химическими свойствами).

Аналогично работе [6], в которой приведены возможные схемы взаимодействия аминокрупп белков и целлюлозы, на рис.1 приведены схемы взаимодействия аминокрупп (либо хитозана, либо белков ферментов) с различными целлюлозными носителями.



**Рис. 1. Схемы возможного взаимодействия аминокрупп Хт (или белковой молекулы) - и альдегидных групп Ц scheme 1; - и карбоксильных групп Ц scheme 2; - и спиртовых групп Ц scheme 3 (вместо Ц может быть и ДАЦ)**

Можно условно выделить для наших образцов три основные стадии изменения ферментативной активности (ФА) иммобилизованного препарата в процессе иммобилизации, высушивания и хранения. Кинетика инактивации иммобилизованных ферментов описывается характерной для гидролаз сложной экспоненциальной ( $A\tau/A_0 = e^{-k_d\tau} + a_1 * e^{-k_1\tau} + a_2 * e^{-k_2\tau}$ ) зависимо-

стью [1], где  $k$  – эффективные константы скорости инактивации ( $\text{мес}^{-1}$ ) препаратов - в процессе высушивания ( $k_d$ , за 24 часа) и хранения ( $k_1$ ,  $k_2$ ) при заданной температуре.  $k_1$  – характеризует лабильную часть иммобилизованного фермента, а  $k_2$  – стабильную. К сожалению, оптимальные условия получения (минимальное значение  $k$ ) не всегда позволяют получать препараты с необходимыми санитарно-гигиеническими свойствами (рН-водной вытяжки, запах, механические свойства матрицы после иммобилизации и т.п.).

Все разработанные иммобилизованные препараты выдерживают гамма-облучение в стерилизующей дозе (до 25 кГрей), но, как нами было установлено, Ц матрица (модифицированная и нет) не обладает радиопротекторными свойствами [7].

При разработке наших препаратов необходимо учитывать, что срок действия изделий не более 72 ч, а обычно до 24 ч. Поэтому депо-свойства должны реализовываться полностью за небольшое время (до 72 ч). Выход протеиназ в раствор начинается практически сразу, и они образуют ударную дозу лекарственного препарата, которая начинает протеолиз некротизированных тканей и взаимодействует с сывороточными ингибиторами.

#### Литература

1. *Belov A.A.* Textile materials containing immobilized hydrolases for medical and cosmetic purposes. Production. Properties. Application. //LAP LAMBERT Acad. Pub., GmbH &Co. KG, Germany. – 2012. – P. 242;
2. *Назаренко Г.И., Сугурова И.Ю., Глянцев С.П.* Рана. Повязка. Больной. – Медицина. – 2002. – С. 469.
3. *Boateng J.S., Matthews K.H., Stevens H.N.E., Eccleston G.M.* Wound Healing Dressings and Drug Delivery Systems:A Review // J. of Pharmaceutical Sciences. – 2008. – Vol. 97. – №.8. – P. 2892-2923.
4. *Simona Strnad, Olivera Šauperl, Lidija Fras-Zemlji.* Cellulose fibres functionalised by chitosan: characterization and application // Biopolymers Ed. by M. Elnasha. – 2010. – P. 181-200.
5. *Кричевский Г.Е.* Химическая технология текстильных материалов:учебник для вузов в 3-х т. – М. - 2000.- 436с.
6. *Kotel`nikova N.E., Mikhailova S.A., Vlasova E.N.* Immobilization of proteolytic enzymes trypsin and  $\alpha$ -chymotrypsin to cellulose matrix // Russ. J. Appl. Chem. – 2007. – V. 80. – №2. – P.322-329.
7. *Маленко О.Э., Коротаева А.И., Белов А.А.* Влияние гамма-облучения в стерилизующей дозе на иммобилизованные препараты ферментов гепатопанкреаса краба // Успехи в химии и химической технологии: сборник научных трудов. – М.: РХТУ им. Д.И.Менделеева. – Т. XXVII. – №5(154).– 2014. – С.42-45.

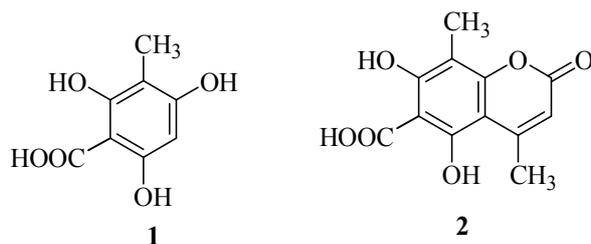
# ТЕРМИЧЕСКОЕ РАЗЛОЖЕНИЕ 2,4,6-ТРИГИДРОКСИ-3-МЕТИЛБЕНЗОЙНОЙ КИСЛОТЫ И 5,7-ДИГИДРОКСИ-4,8-ДИМЕТИЛ-2-ОКСО-2Н-ХРОМЕН-6-КАРБОНОВОЙ КИСЛОТЫ\*

Бобылев С.С.<sup>1</sup>, Кузнецов Д.Н.<sup>1</sup>, Насрин Намичемази<sup>2</sup>, Ковальчукова О.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

<sup>2</sup>Российский университет дружбы народов, г. Москва

Ароматические гидроксикислоты проявляют высокую биологическую активность. Так, например, салициловая кислота обладает антисептическими, жаропонижающими, противовоспалительными и болеутоляющими свойствами и находит применение как в медицине, так и как консервант некоторых пищевых продуктов, а галловая кислота (3,4,5-триоксибензойная кислота) является антиоксидантом. С целью расширения ассортимента полигидроксикарбоновых кислот и изучения их свойств и областей применения были синтезированы 2,4,6-тригидрокси-3-метилбензойная **1** и 5,7-дигидрокси-4,8-диметил-2-оксо-2Н-хромен-6-карбоновая **2** кислоты:



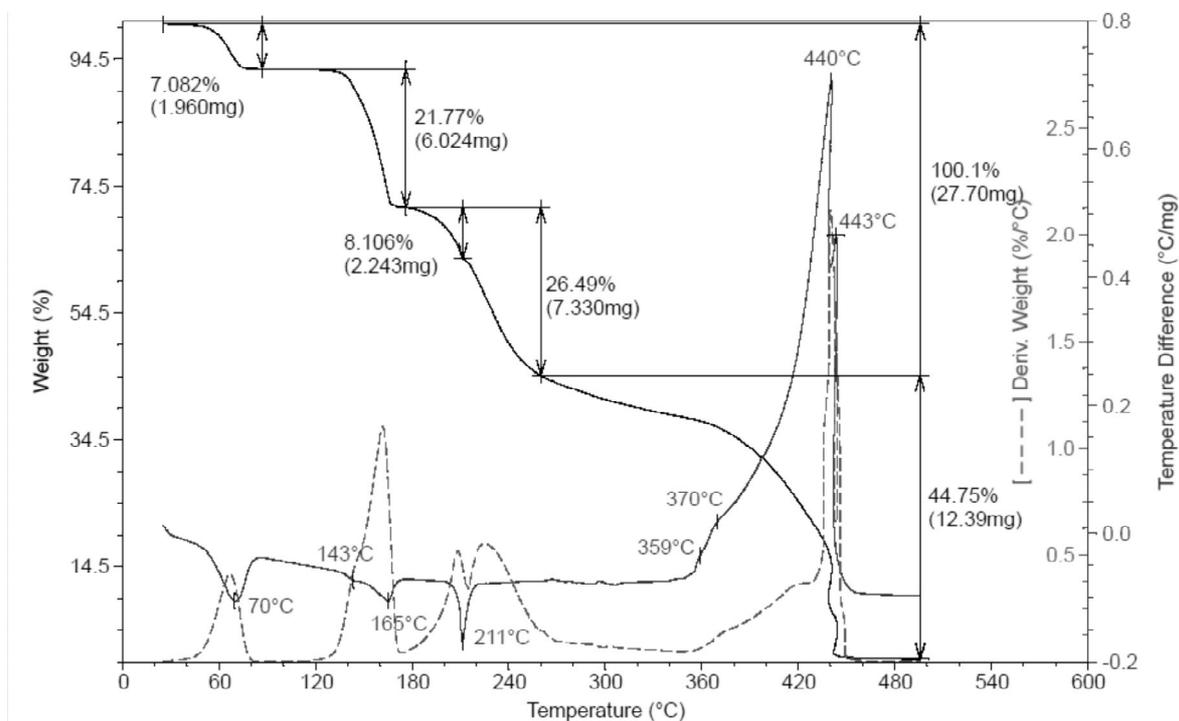
Следует отметить, что кислота **1** была синтезирована в 1902 г. и строение и свойства ее оставались практически неизученными. 5,7-Дигидрокси-4,8-диметил-2-оксо-2Н-хромен-6-карбоновая кислота **2** получена нами впервые конденсацией соединения **1** с ацетоуксусным эфиром.

Известно, что декарбоксилирование при относительно низких температурах является особенностью ароматических карбоновых кислот, в ароматическом кольце которых в орто- или пара-положении находятся гидроксильные группы, например кипячение растворов салициловой кислоты приводит к образованию фенола, а галловая кислота уже при небольшом нагревании легко превращается в трехатомный фенол – пирогаллол.

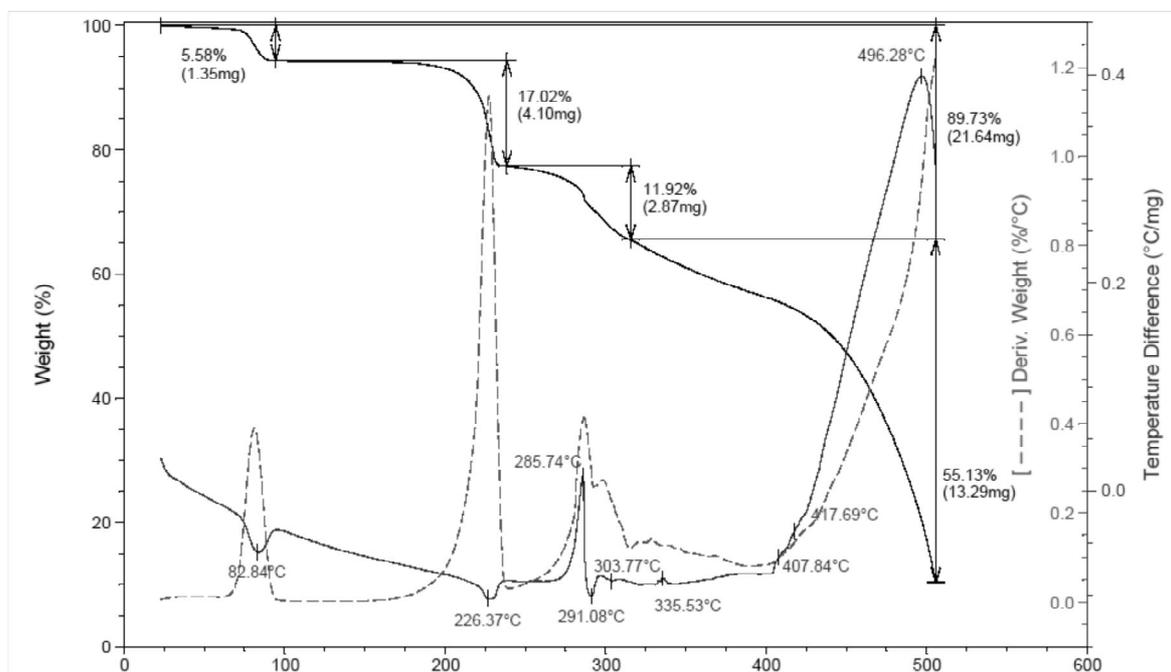
В ходе настоящего исследования методами <sup>1</sup>Н ЯМР и ИК спектроскопии обнаружено, что при выдерживании этанольных растворов соединения **1** при температуре 70°C происходит его декарбоксилирование и практически полное превращение в метилфлороглюцин, в то время, как этанольные растворы соединения **2** устойчивы к кипячению. Для определения термической устойчивости соединений в поликристаллическом со-

\* Исследование выполнено при поддержке Министерства образования и науки РФ, задание № 4.143.2014/К.

стоянии было проведено термогравиметрическое исследование в интервале температур 20 - 500°C (рис.1).



(а)



(б)

Рис. 1. Термогравиметрические кривые соединений 1 (а) и 2 (б)

Анализ убыли массы по кривым ТГ позволил установить, что при перекристаллизации соединения **1** и **2** выделяются в виде моногидратов. Удаление кристаллизационной воды происходит при температурах 70 и

84°С соответственно и сопровождается эндо-эффектами. Убыль массы составляет 7,082% (теоретически 8,9%) для соединения **1** и 5,58% (теоретически 6,71%) для соединения **2**. Декарбоксилирование происходит при 143 и 226°С для соединения **1** и **2** соответственно и сопровождается потерей массы в размере 21,77% (теоретически 21,78%) для соединения **1** и 17,02% (теоретически 16,41%) для соединения **2**.

Частичная возгонка соединения **1** и последующее выгорание органической массы происходит в интервале температур 165 - 370°С и сопровождается рядом экзо-эффектов (рис.1а). К 450°С наблюдается полный перевод соединения в газообразные продукты (суммарная убыль массы 100%). Соединение **2** найдено термически более устойчивым. Его разложение начинается при температуре 286°С. Процессы выгорания органической массы характеризуются экзо-эффектами при 286, 291, 304 и 336°С, однако к 500°С полного выгорания органического остатка не наблюдается, суммарная потеря массы составляет 89,73%.

Таким образом, приведенные результаты показывают, что синтезированные нами соединения являются термически устойчивыми и представляют интерес как перспективные прекурсоры для органического синтеза.

## **ТРЕХКОМПОНЕНТНЫЕ БИОПОЛИМЕРНЫЕ СИСТЕМЫ И ПЛЕНКИ НА ИХ ОСНОВЕ**

*Жданова И.С., Холоденко Б.В., Чурсин В.И.*

Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

Продукты на основе природного белка коллагена, в больших количествах содержащегося в отходах кожевенных предприятий, широко используются в различных отраслях промышленности, в косметике и медицине. Способность продуктов гидролиза коллагена (ПГК) образовывать плёнки известна давно, однако, в настоящее время основное внимание уделяется получению и исследованию свойств композиционных плёночных материалов на основе смесей ПГК с другими полимерными соединениями: полиакрилатами, поливиниловым спиртом, производными целлюлозы [1,2]. Благодаря успехам, достигнутым в изучении структуры и свойств продуктов растворения коллагена, можно с принципиально новых позиций подойти к проблеме их использования в составе новых композиционных биополимерных материалов. При этом важное значение приобретает использование водорастворимых компонентов, обуславливающих экологические требования при переработке и применении таких материалов. Одна из основных задач разработки композиционных материалов на основе биополимеров растительного и животного происхождения - это обеспечение

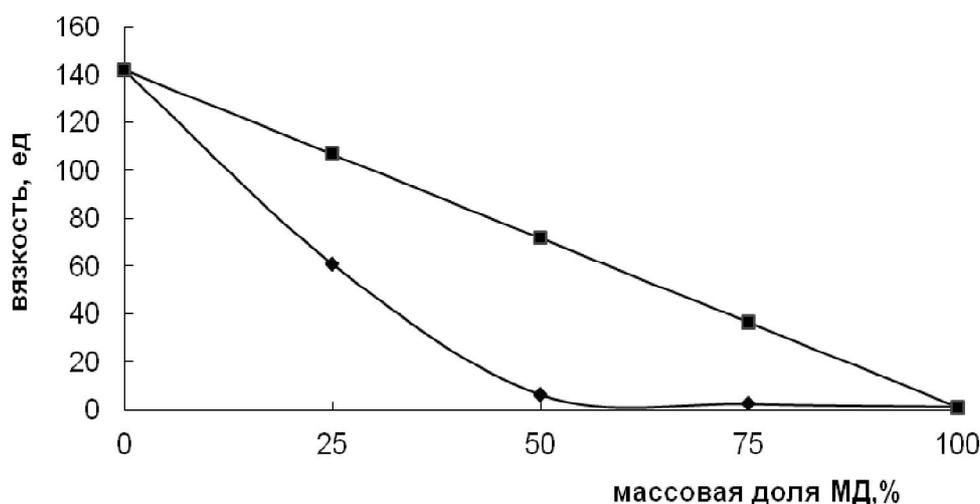
комплекса физико-химических свойств путем выбора наиболее совместимых компонентов и определение их количественного соотношения.

В настоящее время широкое распространение получили в основном бинарные полимерные системы. Композиции на основе биополимеров обладают высокой сорбционной способностью, обусловленной наличием в их составе большого количества различных функциональных групп, что предполагает также возможность направленного изменения их физико-химических свойств. Однако, такие композиции не всегда обеспечивают требуемые прочностные характеристики пленок, получаемых на их основе. Обеспечить большую функциональность биополимерных пленок, предназначенных для использования в качестве упаковочных материалов пищевых продуктов или пленок фармацевтического назначения, можно путем введения в систему третьего компонента. Однако в этом случае необходимо оценить совместимость биополимеров в сложных трехкомпонентных системах.

В качестве третьего компонента предложено использовать мальтодекстрин (МД) - биополимер растительного происхождения, представляющий собой многокомпонентную смесь D-глюкозы, мальтозы, мальтотриозы и полисахаридов [3]. Мальтодекстрины находят всё более широкое и разнообразное применение, благодаря способности хорошо растворяться как в холодной, так и в горячей воде, эффективно контролировать вязкость технологических растворов. Однако, в литературе недостаточно информации об их использовании в многокомпонентных системах, к которым можно отнести рассматриваемые в данной работе композиции.

Целью настоящей работы являлось исследование совместимости полимеров в трехкомпонентной системе ПВС-ФТГ-МД и изучение свойств, получаемых на их основе биополимерных пленок.

Совместимость системы ПВС - ФТГ с мальтодекстрином оценивали по экспериментальным значениям вязкости, электропроводности и показателю преломления, и их отклонению от расчетных аддитивных значений, что может свидетельствовать о характере взаимодействий в исследуемых системах. При исследовании вязкости водных растворов композиции ФТГ:ПВС от массовой доли мальтодекстрина, результаты которого представлены на рис. 1, при всех соотношениях зафиксировано отрицательное отклонение экспериментальной зависимости от расчётной, что может быть обусловлено образованием более компактных макромолекул. Это подтверждается данными о размере частиц, определенными по спектру мутности. Так, если размер частиц композиции находится в пределах 147 - 165 нм, то для состава с массовой долей МД 25% зафиксирован минимальный размер частиц, равный 147 нм.



**Рис.1. Зависимость относительной вязкости композиции от массовой доли МД**

Наблюдаемое снижение вязкости композиции при увеличении доли МД связано с увеличением степени диссоциации карбоксильных групп белка и переходом его в изоэлектрическое состояние, при котором число диссоциированных кислотных и основных групп в продукте гидролиза примерно равно, вследствие чего суммарный заряд макромолекулы близок к нулевому значению. В этих условиях полипептидные цепи находятся в наиболее свернутом состоянии, что затрудняет образование системы связей между отдельными компонентами. При массовой доле МД, равной 25%, полимерная цепь белка несколько распрямляется из-за отталкивания положительно заряженных аминогрупп, вязкость системы снижается вследствие разрушения части водородных связей. Однако, несмотря на отрицательное отклонение вязкости от аддитивных значений, пленки, полученные из композиций этого состава, характеризуются наиболее высокими механическими свойствами. Такие явления отмечаются в ряде работ и объясняются как компактизацией макромолекул [4], так и чередованием микрообъемов различной плотности, облегчающим релаксацию напряжений при деформационных нагрузках.

Таблица 1

Характеристика плёнок, полученных из трехкомпонентных композиций, в зависимости от массовой доли МД

Массовая доля МД в композиции, %	Толщина пленки, мм	Предел прочности при растяжении, МПа	Удлинение при разрыве, %
0	0,23	8,34	54
25	0,12	16,67	68
50	0,10	7,20	28
75	0,07	5,71	12

С большой степенью вероятности рассмотренные реологические характеристики композиций будут играть решающую роль в процессе формирования пленочных материалов и скажутся на физико-механических свойствах пленок. Действительно, как следует из данных, приведенных в таблице, при массовой доле МД в композиции, равной 25%, достигается максимальная прочность биополимерной пленки.

Сравнивая полученные результаты для трехкомпонентной биополимерной композиции с данными, приведенными в литературе [1] для аналогичных (белково - углеводных) составов, можно констатировать получение близких по своим характеристикам пленочных материалов, которые могут быть использованы в качестве ранозаживляющих покрытий с высокими водоудерживающими свойствами, а также для применения в косметологии.

Однако для применения биополимерных пленок в качестве упаковочных материалов следует увеличить прочностные показатели в 2-3 раза до значений предела прочности порядка 30-50 МПа, характерных для традиционных полимерных материалов аналогичного назначения. Таким образом, дальнейшие работы в этом направлении должны быть связаны с повышением прочностных свойств и водостойкости биополимерных пленок за счет введения в систему соединений, в том числе ферментных препаратов (трансглутаминаза), обладающих структурирующей способностью, что позволит формировать пленки, которые могут найти широкое применение в качестве носителей для систем с контролируемым выделением биологически активных веществ в медицине, фармацевтике и других областях.

#### Литература

1. Воробьева О.В., Андрусенко С.Ф., Волосова Е.В. и др. Модификация природных полимеров для синтеза материалов, подвергающихся биодеструкции//Химия в интересах устойчивого развития. 2011. – Т.19. – №2. – С.137-140.
2. Зернова С.А., Чиркова Н.А., Чурсин В.И. Модификация биополимерных композиций на основе продуктов гидролиза коллагена и гидроксиэтилцеллюлозы// Пластмассы, 2007. – № 9. – С. 43-45.
3. Трегубов Н.Н., Жарова Е.Я., Жушман А.И., Сидорова Е.К. Технология крахмалов и крахмалопродуктов. М.: Легкая и пищевая промышленность. 1981. – 427 с.
4. Staikos G., Bokias G. Interpolymer association between poly(acrylic acid) and vinyl alcohol-vinyl copolymers in dilute aqueous solutions. // Macromol.Chem. – 1991. – V.192. – P.2649-2657.

# ОЦЕНКА КОЭФФИЦИЕНТА ДИФФУЗИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ В ХЛОПЧАТОБУМАЖНОЙ ТКАНИ ПРИ ЕЁ ПРОМЫВКЕ ПОСЛЕ МЕРСЕРИЗАЦИИ

*Кошелева М.К., Булеков А.П., Беднякова А.А.*

Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

При расчёте кинетики массообменных процессов, к которым относится процесс промывки тканей от различных технологических загрязнений, необходимо знание коэффициентов диффузии загрязнения в твёрдой фазе.

В работах [1,5, 6] показано, что скорость процесса промывки определяется уравнением:

$$\frac{d\bar{c}}{d\tau} = -\frac{8}{\delta^2} D(C_0 - C_p) \sum_{n=1}^{\infty} \exp\left(-\left(\frac{(2n-1)\pi}{\delta}\right)^2 D\tau\right). \quad (1)$$

Из полученного выражения следует, что при малом  $\tau$ , т.е. в начале процесса промывки и значениях коэффициента диффузии порядка  $10^{-9} \div 10^{-14} \text{ м}^2/\text{с}$  (что соответствует условиям промывки хлопчатобумажных тканей), скорость промывки аппроксимируется зависимостью (2):

$$\frac{d\bar{c}}{d\tau} = -\frac{8D}{\delta^2} (C_0 - C_p). \quad (2)$$

Полученное уравнение свидетельствует, что в начале процесса промывки его скорость практически постоянна, т.е. на кинетических кривых промывки тканей можно выделить период практически постоянной скорости. Это предоставляет возможность интерпретировать процесс промывки с традиционных позиций теории массопереноса в капиллярно-пористых телах [1, 2].

В соответствии с вышеназванной теорией процесс массопереноса в таких телах можно разделить на два периода, первый из которых характеризуется постоянной скоростью процесса, а второй – ее уменьшением (период падающей скорости процесса).

Значительная часть исследователей процессов промывки используют именно классический подход к их описанию, предлагая для каждого из периодов отдельные расчетные соотношения [1, 3]. При этом, не имея оснований для обоснования периода постоянной скорости с позиций классической теории массопереноса, они трактуют его как механический процесс замещения промежуточного раствора в ткани раствором промывной жидкости. Полученное соотношение (2) показывает, что этот псевдопериод постоянной скорости в начале процесса промывки является составной частью общего массообменного процесса. Соотношение, характеризующее этот

псевдопериод постоянной скорости, является составной частью общей функциональной зависимости (1), полностью описывающей процесс промывки.

Таким образом, процессы промывки тканей в промывных машинах, гидродинамическая обстановка в которых соответствует условиям, при которых массообменный критерий  $Bi$  существенно превышает значения других параметров, описывается уравнениями (1)-(2). Указанные условия характерны для высокоскоростных промывных машин башенного типа, широко используемых в технологии промывки хлопчатобумажных тканей [1, 2].

Результаты исследований кинетики процесса промывки хлопчатобумажных тканей без интенсификатора подтверждают правомерность и обоснованность выдвинутых теоретических положений о характере функциональной (экспоненциальной) зависимости кривых промывки хлопчатобумажных тканей (1). Тем самым полученные результаты позволяют перейти как к количественной оценке параметров кинетических кривых, так и оценке эффективности интенсификации процесса промывки тканей различными методами.

Коэффициент диффузии является одной из важнейших характеристик, определяющих кинетику процесса промывки ткани [2, 4]. Он является функцией концентрации загрязнения в ткани, которая изменяется (убывает) в процессе промывки, т.е.:

$$D = f(c), \quad \text{где } c = \varphi(\tau) . \quad (3)$$

Таким образом, коэффициент диффузии является сложной функцией, а именно, суперпозицией функции (3).

Уравнение (1), описывающее кинетику процесса промывки в начальном периоде, позволяет получить количественную оценку этого параметра по начальному отрезку кинетической кривой процесса промывки. При этом, учитывая, что равновесная концентрация  $c_p$  изменяется во времени, целесообразно для повышения точности указанной оценки начальный участок кинетической кривой разбить на зоны, в пределах которых  $c_p$  можно принять постоянной. В этом случае в каждой зоне коэффициент диффузии определяется по формуле (2).

Обобщение полученных данных на начальном участке кривой кинетики промывки ( $\tau < 5c$ ) в соответствии с уравнением (2), являющимся следствием общей зависимости, позволило получить оценки для коэффициентов диффузии  $D$  загрязнения в ткани. В исследованном диапазоне режимных параметров процесса промывки для легких хлопчатобумажных тканей можно принять следующую оценку для коэффициента диффузии:

$$D_0 = (2,6 \div 2,7) \cdot 10^{-9} \text{ м/с} . \quad (4)$$

Получена оценка коэффициента диффузии на заключительной стадии промывки. Зональная обработка кинетических кривых позволила получить зависимость коэффициента диффузии от времени промывки. Искомая зависимость удовлетворительно описывается формулой:

$$D = D_0 \exp\left(-\frac{\tau}{\tau_n}\right), \quad (5)$$

где  $\tau_n$  - продолжительность процесса промывки.

Полученная в результате экспериментов оценка для равновесной концентрации  $C_p$  и коэффициента диффузии  $D$  позволяет использовать численный алгоритм расчета процесса промывки с учетом реального изменения граничных условий краевой задачи, описывающей процесс промывки тканей, что является важным результатом работы [1].

### Литература

1. *Сажин, Б.С., Кошелева М.К., Сажина М.Б.* Процессы сушки и промывки текстильных материалов. – М.: ФГБОУ ВПО МГУДТ, 2013. – 301с.
2. Отделка хлопчатобумажных тканей. В 2 ч. Ч. 1. Технология и ассортимент хлопчатобумажных тканей: Справочник. Под ред. Б.Н.Мельникова. – М.: Легпромбытиздат, 1991.
3. *Касаткин А.Г.* Основные процессы и аппараты химической технологии. – М.: Химия, 1971.
4. *Рудобаишта С.П.* Массоперенос в системах с твердой фазой. М.: Химия, 1980.
5. *Булеков А.П., Кошелева М.К.* Математическое описание процессов термовлажностной обработки текстильных материалов в отделочном производстве // сборник трудов (секционные доклады) Международной научно-технической конференции «Проблемы ресурсо- и энергосберегающих технологий в промышленности и АПК» (ПРЭТ-2014, 23-26 сентября 2014, Иваново, Россия) / Иван. гос. хим.-технол. ун-т. – Иваново, 2014. – С. 44-48.
6. *Булекова А.А.* Повышение эффективности и расчёт процесса промывки хлопчатобумажных тканей при использовании ультразвука: автореферат дис. ... на соиск. уч. степ. канд. техн. наук. – М.: 2007.

# ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ПОЛУЧЕНИЯ НА СОХРАНЕНИЕ ФЕРМЕНТАТИВНОЙ АКТИВНОСТИ ФЕРМЕНТОВ ПРОТЕОЛИТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ИЗ ГЕПАТОПАНКРЕАСА КРАБА, ИММОБИЛИЗОВАННОГО НА ТЕКСТИЛЬНЫЕ ЦЕЛЛЮЛОЗНЫЕ НОСИТЕЛИ

*Кульметьева М.А., Досадина Э.Э., Белов А.А.*

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, г. Москва

Проблема создания биологически активных волокнистых материалов в последние десятилетия вызывает вновь возрастающий интерес. Широкое развитие исследований по приданию необходимых функциональных свойств (биологической активности) именно целлюлозным волокнистым материалам обусловлено тем, что целлюлоза является доступным и распространенным в природе и широко применяемым в медицине полимерным материалом. Исследования, посвященные синтезу производных целлюлозы, содержащих антимикробные или другие лекарственные (терапевтические) вещества, разработке научных основ получения целлюлозных волокнистых материалов с заданными лечебными свойствами, методов и технологии их изготовления, а также изучению свойств и наиболее эффективных областей применения указанных материалов имеют большое научное и практическое значение [1-4].

Одной из задач современной биологии и медицины является создание новых композитных материалов с широким спектром биологической активности и минимальным побочным действием. В последние годы для их получения используются как синтетические, так и природные полимеры. Особый интерес представляют полиионные полисахариды морского происхождения благодаря их биоразлагаемости, биосовместимости, доступности и разнообразной биологической активности. Способность противоположно заряженных полиионов образовывать полиэлектролитные комплексы (ПЭК) открывает возможность создания на их основе различного рода биологически активных композитов, которые в зависимости от условий получения могут существовать в виде растворов, гелей, нано- и микрочастиц, пленок и мембран, пористых структур и жидкокристаллических дисперсий [5].

Разработанный ранее нами препарат на основе окисленной целлюлозы, хитозана и ферментов из гепатопанкреаса краба (ПК) – Мультиферм, нашел применение в медицинской практике в РФ [1]. Но, как было указано в работе [1], существует большое количество проблем при его производстве. Нами было предложено усовершенствование технологии получения лечебного слоя, сократив количество стадий его получения.

Иммобилизация ферментов на модифицированном текстильном носителе может осуществляться путем как взаимодействия альдегидных

групп модифицированного текстильного носителя с аминогруппами боковой цепи белка с образованием ковалентной азометиновой связи, так и взаимодействием молекул хитозан с карбоксильными или иными группами молекулы белка.

Можно условно выделить для наших образцов три основные стадии изменения ферментативной активности (ФА) иммобилизованного препарата в процессе иммобилизации, высушивания и хранения. Кинетика инактивации иммобилизованных ферментов описывается характерной для гидролаз сложной экспоненциальной ( $A\tau/A_0 = e^{-k_d\tau} + a_1 * e^{-k_1\tau} + a_2 * e^{-k_2\tau}$ ) зависимостью [1], где **k** - эффективные константы скорости инактивации (мес<sup>-1</sup>) препаратов - в процессе высушивания ( $k_d$ , за 24 часа) и хранения ( $k_1$ ,  $k_2$ ) при заданной температуре.  $k_1$  - характеризует лабильную часть иммобилизованного фермента, а  $k_2$  - стабильную. К сожалению, оптимальные условия получения (минимальное значение **k**), не всегда позволяют получать препараты с необходимыми санитарно-гигиеническими свойствами (рН-водной вытяжки, запах, механические свойства матрицы после иммобилизации и т.п.).

В табл.1 приведены эффективные константы скорости инактивации (мес<sup>-1</sup>) препаратов в зависимости от способа получения. В скобках показана схема получения препарата. **(А+Б)<sub>1</sub>** – сначала готовили, гель из растворов Хт и ПК и иммобилизовали на ДАЦ; **(А+Б)<sub>2</sub>** – гель Хт-ПК готовили растворяя ПК в Хт, затем иммобилизовали на ДАЦ; **(В)** – двухстадийная иммобилизация, сначала иммобилизовали Хт, после высушивания иммобилизовали раствор ПК.

Таблица 1

Эффективные константы скорости инактивации (мес<sup>-1</sup>) модифицированных и немодифицированных препаратов ПК в процессе высушивания ( $k_d$ , за 24 часа) и хранения ( $k_1$ ,  $k_2$ ) при 25°C

Препарат	$k_d$	$k_1$	$k_2$
ПК*	3,9	0,55	0,033
ПК-Хт (иммоб)* <b>(В)</b>	1,0	0,14	0,012
ДАЦ(0,32)-Хт-ПК* <b>(В)</b>	30,1	0,38	0,074
Ц(0,008)-ПК** <b>(А)</b>	20,9	0,14	0,060
ДАЦ(0,22)-ПК** <b>(А)</b>	24,6	0,3	0,04
Ц(0,008)-Хт-ПК** <b>(В)</b>	9,85	0,10	0,057
ДАЦ(0,20)-Хт-ПК** <b>(В)</b>	23,3	0,07	0,04
ДАЦ(0,35)-Хт-ПК** <b>(А+Б)<sub>1</sub></b>	0	1,07	0,006
ДАЦ(0,35)-Хт-ПК** <b>(А+Б)<sub>2</sub></b>	0	0,78	0,098
ДАЦ(0,35)-Хт-ПК** <b>(В)</b>	0	1,03	0,078

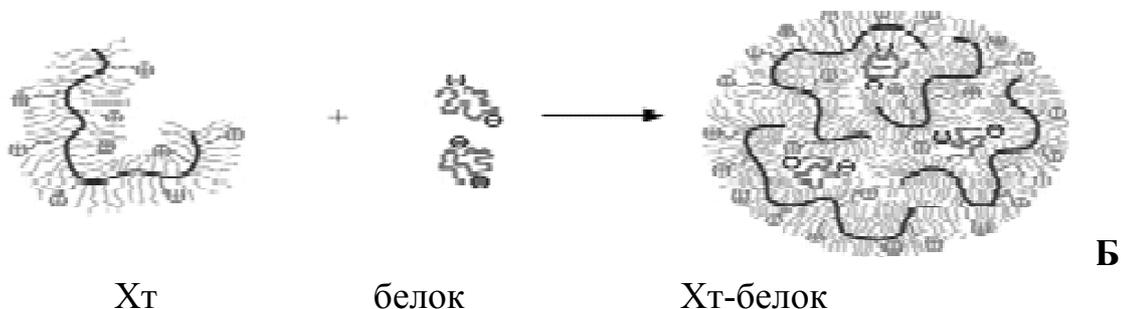
\* субстрат азоколл,

\*\* субстрат казеин; в скобках содержание альдегидных групп-мМ



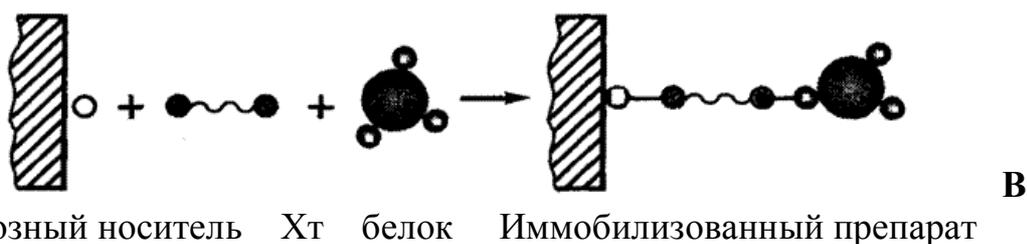
альдегидсодержащий полимер Хт (белок) Иммуобилизованный препарат

**Образование хитозансодержащего геля.**



Для дополнительной стабилизации ферментов и придания новых свойств материалу предварительно иммуобилизовали Хт на ДАЦ.

**Иммуобилизация ферментов на хитозан, содержащий целлюлозный носитель.**



*Схемы получения препаратов иммуобилизованных (стабилизированных) ферментов.*

Как видно из полученных данных, возможна замена двухстадийного производства, схема **(В)**, перевязочного материала с ферментативной активностью (Мультиферм) на схему получения в одну стадию без потери эффективности (терапевтических свойств) аппликации.

**Литература**

1. Белов А.А. Текстильные материалы, содержащие иммуобилизованные гидролазы для медицинских и косметологических целей. Получение. Свойства. Применение. // LAP LAMBERT Acad. Pub., GmbH & Co. KG, Germany. – 2012. – 242 с.
2. Тлупова З.А. Новые композиционные материалы на основе диальдегидцеллюлозы и гуанидинсодержащих соединений: авторефер. дис. ... канд хим. наук./ Тлупова З.А. – Нальчик, 2013. – 22 с.
3. Назаренко Г.И., Сугурова И.Ю., Глянецев С.П. Рана. Повязка. Боль-

ной. // Медицина. – 2002. – С. 469.

4. Boateng J.S., Matthews K.H., Stevens H.N.E., Eccleston G.M. Wound Healing Dressings and Drug Delivery Systems: A Review // J. of Pharmaceutical Sciences – 2008. – Vol. 97. – №.8. – P. 2892-2923.

5. Володько А.В. Полиэлектrolитные комплексы хитозан-каррагинан: дис. ... канд. хим. наук. / Володько А.В. – Владивосток, 2014. – 137 с.

## **ИННОВАЦИОННЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ В СОЗДАНИИ ЭРГОНОМИЧНЫХ ПРОЦЕССОВ ТЕХНОЛОГИИ ОТДЕЛКИ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

***Капаева И.Д., Калабухова А.В., Сапожников С.В., Сафонов В.В.***  
**Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия**

Современные условия проведения производственных процессов строго регламентируются как экологическим контролем, так и условиями экономии расхода энергии, воды и химических материалов. Отделочный процесс – завершающая стадия текстильной промышленности, на которой изделию придается окончательные эксплуатационные характеристики. Отделка представляет собой достаточно водо- и энергоемкий процесс, в ходе которого расходуется большое количество реагентов.

Авторами данной работы проведен комплекс исследований по возможности рационализации отделочных процессов, позволяющих обеспечить снижение нагрузки на экологию окружающей среды и потребления воды, энергии и реагентов.

Одним из таких путей является использование СВЧ-энергии, в частности, для фиксации красителей на волокне. Микроволновое излучение большой интенсивности используется для бесконтактного нагрева тел (как в бытовых, так и в промышленных микроволновых печах для термообработки металлов). В текстильной промышленности ВЧ/СВЧ-энергию целесообразно использовать в качестве теплового источника для нагрева текстильных материалов. Доказано, что диэлектрический нагрев позволяет производить равномерный и высокоскоростной нагрев материалов различной толщины и плотности.

На сегодняшний день внедрение обработки СВЧ-энергией текстильных материалов на всех стадиях подготовки позволяет сократить время процессов, улучшить качество и устойчивость выпускаемого материала к условиям эксплуатации, делает его привлекательным для потребителя. В совокупности это уменьшит затраты на электроэнергию и себестоимость выпускаемого продукта. Выявления перспектив СВЧ-технологий в текстильной промышленности смогут модернизировать процессы текстильной промышленности. Наряду с этим ведутся исследования на предмет

защиты от СВЧ-излучения, которые по своей сути являются вредоносными.

При разработке способа ВЧ-фиксации отпечатков, полученных пигментными красителями, проводилось сравнение качественных показателей получаемых образцов (в условиях экспонирования 500-1000 Вт в течение 1-10 сек) с тканями, обработанными в соответствии с традиционными технологиями (запаривание при 102-105°C в течение 5-7 мин) по следующим параметрам: степень окрашиваемости, прочность/устойчивость окраски к мокрым обработкам.

Основные технологические результаты печатания хлопчатобумажной ткани показывают, что в большинстве случаев колористические характеристики (интенсивность окраски/окрашиваемость) образцов, прошедших ВЧ-обработку, несколько выше, чем после прохождения термофиксации и запаривания. Следует отметить, что при высокочастотной фиксации красителя целлюлозным волокном исключалась стадия сушки – с точки зрения энерго- и водопотребления такой подход является экономически выгодным. Также существенно снижается продолжительность обработки текстильных материалов с 7 мин до 3-5 сек.

Другая возможность – это использование волокнообразующих полимеров, обладающих рядом ценных свойств, например, поливинилиденфторид -  $(C_2H_2F_2)_n$  - (PVDF, ПВДФ) – фторированный частично кристаллический технический полимер и содержит 59% фтора. Техническое название в РФ – фторопласт-2.

ПВДФ обладает исключительным сочетанием свойств: стойкость к старению, химическая инертность, термостойкость, прочность и гибкость, низкий коэффициент трения, отсутствие прилипания, незначительное водопоглощение и атмосферостойкость, значительные сегнетоэлектрические свойства.

ПВДФ и его сополимер трифторэтилен (ТрФЭ) – самые известные сегнетоэлектрические полимеры и широко используемые в электрохимических сенсорах и приводах. Диэлектрические свойства ПВДФ используются для контроля и накопления зарядов и электрической энергии – это ключевая роль систем мощности в современной электронике. Методом электроформования можно получить волокна ПВДФ, которые используются для изготовления электрических преобразователей, мембран и фильтров различного типа.

В связи с растущими требованиями для компактных, недорогих электронных и электрических систем питания, а также для емкостных систем хранения очень высокой энергии и мощности, развитие материалов, обладающих высокой диэлектрической проницаемостью, является важным направлением для исследований.

Введение красителей и жидких кристаллов в матрицу полимера позволяет достигнуть более высоких значений электрического смещения и

низких диэлектрических потерь. Изменение оптических характеристик окрашенного полимера под воздействием высокого напряжения также значительно расширяет возможности его применения. Волокно и изделия из него приобретают различные свойства, например, могут изменять цвет в зависимости от температуры электромагнитного поля окружающей среды. Такое качество позволит развить, в первую очередь, медицинский текстиль, в помощью которого можно контролировать и наблюдать состояние пациента.

Использование природного газа (метана) может быть хорошей заменой традиционных видов топлива в системах альтернативной энергетики, энергосбережения и решения проблем экологии.

Создание новых энергонасыщенных адсорбционных систем на основе природного газа (метана) является актуальной проблемой для альтернативной энергетики. Предложены оптимизированные физико-химические характеристики некоторых систем, которые могут быть востребованы при решении конкретных проблем, в частности, для процессов аккумулирования водорода в водородной энергетике и аккумулирования метана для энергетических установок альтернативной энергетики. На сегодняшний момент основное распространение получили системы сжатого газа – природный газ сжимается до давления 20 МПа и выше и закачивается в баллоны. Другим способом является хранение природного газа (метана) в сжиженном состоянии.

Наиболее высокая насыщенность метаном адсорбционных систем лежит в интервале от 140 до 400 м<sup>3</sup>.

Обычно процессы адсорбции используются для очистки, осушки и получения высокочистых газов. Наибольший интерес вызывают исследования адсорбции метана в микропористых углеродных адсорбентах, поскольку по энергетике адсорбции они наиболее предпочтительны для решения такого рода задач. В связи с этим изучение адсорбции метана в микропористых активных углях, пористость которых относится к предельно малым размерам нанопор, является актуальной проблемой.

Для теоретического анализа общих закономерностей адсорбции метана на активных углях используются: теория объемного заполнения микропор Дубинина и термическое уравнение Дубинина – Радушкевича.

Абсолютная эффективность адсорбционного аккумулирования метана в микропористых углеродных адсорбентах характеризует, насколько объемная плотность адсорбционной системы хранения больше объемной плотности системы хранения без адсорбента.

Проведенные эксперименты показали, что можно достичь максимальной эффективности адсорбционного аккумулирования метана в пределах интервала 5-7 МПа.

# КОМПЛЕКСНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ БИСАЗОПИРАЗОЛОНОВЫХ КРАСИТЕЛЕЙ, СОДЕРЖАЩИХ БЕНЗОТИАЗОЛЬНЫЕ ЗАМЕСТИТЕЛИ\*

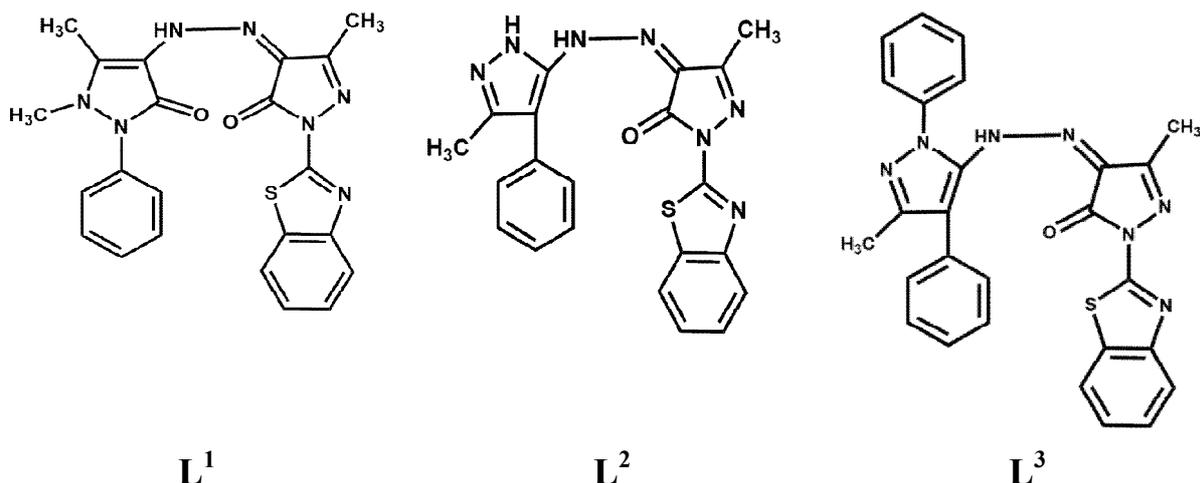
*Нгуен Ван<sup>1</sup>, Русул Алабада<sup>3</sup>, Ковальчукова О.В.<sup>2</sup>, Каравалева Е.Б.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Российский университет дружбы народов, г. Москва

<sup>2</sup> Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

<sup>3</sup> Университет Аль Мутанна, Ирак

Производные 1-фенил-3-метил-4-азопиразолона-5 и металлокомплексы на их основе многие десятилетия находят широкое применение в качестве красителей желто-оранжевой гаммы, однако по-прежнему привлекают внимание ученых. Новым направлением развития исследований является получение гетероциклических производных азопиразолона-5 и металлокомплексов на их основе. Объектами настоящего исследования явились следующие новые гетероциклические производные азопиразолона-5:



Использование известных литературных методик синтеза комплексных соединений **L<sup>1</sup>** – **L<sup>3</sup>** с металлами не дало положительных результатов. Основные подходы: стехиометрическое соотношение металл : лиганд (1:1 или 1:2), проведение синтеза в нейтральных или щелочных средах, использование в качестве исходного органического лиганда аммонийной соли (раствор азопиразолона в аммиаке), длительное нагревание реакционной смеси – не привело к выделению индивидуальных целевых продуктов. Для смещения равновесия реакции комплексообразования в сторону образования металлокомплекса реакцию проводили при большом избытке неорганической соли металла (соотношение  $M : L = 5 : 1$ ), а выделение комплек-

\* Исследование выполнено при поддержке Министерства образования и науки РФ, задание № 4.143.2014/К.

сов из растворов, содержащих избыток неорганической соли металла, - добавлением к этанольной реакционной смеси воды в количестве 40% по объему (метод замены растворителя).

Выделенным по вышеуказанной методике комплексным соединениям на основании результатов химического анализа были приписаны следующие брутто-формулы:  $\text{Cu}(\text{L}^1)_2\text{Cl}_2$ ;  $\text{Zn}(\text{L}^1)_2\text{Cl}_2$ ;  $\text{Co}(\text{L}^1)\text{Cl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ;  $\text{Ni}(\text{L}^1)_2\text{Cl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ;  $\text{Cu}(\text{L}^2)_2\text{Cl}_2$ ;  $\text{Cd}(\text{L}^2)_2\text{Cl}_2$ ;  $\text{Zn}(\text{L}^2)_2\text{Cl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ;  $\text{Cu}(\text{L}^3)_2\text{Cl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ;  $\text{Ni}(\text{L}^3)_2\text{Cl}_2$ ;  $\text{Zn}(\text{L}^3)_2\text{Cl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ .

На основании совокупности физико-химических методов исследования (ИК, ЭСП,  $^1\text{H}$  ЯМР, ЭПР спектроскопия в сочетании с квантово-химическим моделированием) установлено, что в координации с металлом принимают участие атомы кислорода карбонильных групп пиразолонового цикла органических молекул и атомы азота бензотиазольного заместителя, основность которого лежит в пределах  $\text{pK}_b = 4,32 - 4,73$ .

Исходные азосоединения  $\text{L}^1 - \text{L}^3$  и их металлокомплексы испытаны в качестве дисперсных красителей для крашения полиамидного волокна (капрон) в условиях стандартного крашения дисперсными красителями. Установлено, что они окрашивают полиамид в различные оттенки желтого и оранжевого цветов с устойчивостью к сухому и мокрому трению в 4-5 баллов.

Таблица

Свойства окрашенного полиамидного материала

Азосоединение	$\text{Me}^{n+}$	ЭСП $\lambda_{\text{max}},$ $\text{нм}^1$	ЭСП $\lambda_{\text{max}},$ $\text{нм}^2$	$\Delta\lambda_{\text{max}}$	Устойчивость окрашенных материалов к физико-химическим воздействиям <sup>3</sup>			
					Сухое трение	Мокрое трение	Стирка	Пот
$\text{L}^2$	-	404,0	423,5	19,5	5/5	5/4	5/5/4	5/5/5
	$\text{Cu}^{2+}$	425,9	437,5	11,6	5/5	5/4	5/5/5	5/5/5
$\text{L}^3$	-	394,0	420,6	26,6	5/5	5/5	5/5/5	5/5/5
	$\text{Cu}^{2+}$	378,0	386,0	8,0	5/5	5/5	5/5/5	5/5/5
	$\text{Zn}^{2+}$	380,0	396,0	16,0	5/5	5/4-5	5/4/4	5/4/4
$\text{L}^1$	-	421,0	419,0	-2,0	5/5	5/4-5	5/5/4	5/4/5
	$\text{Cu}^{2+}$	435,9	440,1	4,2	5/5	5/5	5/5/5	5/5/5
	$\text{Zn}^{2+}$	426,9	420,4	-6,5	5/5	5/5	5/5/5	5/5/5

<sup>1</sup> Спектры азосоединений их маталлокомплексов записаны в этаноле.

<sup>2</sup> Спектры азосоединений их маталлокомплексов после закрепления на полиамидной ткани.

<sup>3</sup> Оценка проводилась по 5-балльной шкале серых эталонов.

# ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ И РАСЧЁТ НАЧАЛЬНОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ СОРБИРОВАННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ В ХЛОПЧАТОБУМАЖНОЙ ТКАНИ

*Кошелева М.К.<sup>1</sup>, Дорняк О.Р.<sup>2</sup>, Апалькова М.С.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

<sup>2</sup>Воронежский государственный лесотехнический университет  
им. Г.Ф. Морозова, Россия

Целью исследований является определение и анализ сорбционных свойств хлопчатобумажной ткани, являющихся важными при анализе ткани как объекта технологической обработки в процессах сушки и термо-влажностной обработки и расчёт начальной концентрации сорбированного технологического загрязнения в ней [1].

Объектом исследования сорбционных свойств являлась хлопчатобумажная ткань, напечатанная активным красителем. Изучались образцы ткани, прошедшие различные процессы технологической обработки в отделочном производстве.

Эксперимент по определению изотерм сорбции паров воды для исследуемых образцов проводился на вакуумной сорбционной установке с пружинными весами Мак-Бена-Бакра [1-3].

Анализ экспериментальных изотерм сорбции показал, что образцы одной и той же хлопчатобумажной ткани: образец, прошедший только отбеливание, образец ткани после печати и образцы ткани после печати и последующей промывки имеют различную сорбционную способность. Значительное увеличение сорбционной способности всех исследуемых образцов наблюдается в области больших значений относительной влажности воздуха  $\varphi$ , при этом максимальный рост сорбционной влажности образцов происходит в диапазоне изменения  $\varphi$  от 0,9 до 1.

Из экспериментальных данных следует, что образцы хлопчатобумажной ткани, прошедшие процесс печати, обладают значительно большей сорбционной ёмкостью (как до процесса промывки, так и после него), чем образец хлопчатобумажной ткани после процесса отбеливания, не прошедший процесса печати. Сорбционная ёмкость образца, прошедшего процесс печати, увеличивается по сравнению с образцом, прошедшим процесс отбеливания, начиная уже с самых малых величин относительной влажности окружающей среды.

Известно, что сорбционная способность ткани обуславливается не столько типом переплетения, сколько сорбционной ёмкостью хлопкового волокна [1, 3, 4]. Данное обстоятельство дает основание предположить, что процесс печати оказывает влияние на структурные изменения в самом волокне. Экспериментальное получение изотерм сорбции является весьма трудоёмким и продолжительным процессом. Для снижения объема экспе-

риментальных исследований можно использовать математическое описание этих кривых, которое имеет самостоятельное значение для прогнозирования процессов термовлажностной обработки тканей методами математического моделирования [1,4,5].

Экспериментальные изотермы сорбции аппроксимированы с помощью уравнения Л.Б. Цимерманиса, полученного на основе термодинамического анализа. Данный подход хорошо зарекомендовал себя при изучении тепло- и массопереноса в капиллярно-пористых материалах [4,5].

Поскольку непосредственно измерить количество сорбированного волокном ткани загрязнения не представляется возможным, определим эту величину из анализа сорбционных характеристик ткани. Исходными данными для определения количества загрязнения, сорбированного волокном в процессе пропитки, являются: концентрация загрязнения в пропиточном растворе; общая концентрация загрязнения в материале; степень отжима ткани после пропитки.

Указанные параметры определяются из следующих соотношений:

$$C_{np} = \frac{m_3}{V_{pp}}; \quad (1)$$

$$C'_n = \frac{m'_3}{m_{в.с.}}; \quad (2)$$

$$\eta = \frac{m_{в.с.} + m'_3 + m_{вл.} - m_{в.с.}}{m_{в.с.}}; \quad (3)$$

где  $m'_3$  - масса загрязнения в ткани после пропитки, кг;  $m_{в.с.}$  – масса воздушно-сухого образца ткани, кг;  $m_3$  – масса загрязнения в пропиточном растворе, кг;  $m_{вл.}$  – масса влаги в образце материала, кг;

С учётом количества сорбированного тканью загрязнения на основе уравнения (1) получено уравнение:

$$C'_n = \frac{m_c}{m_{в.с.}} + \frac{C_{np} V_{pp}}{m_{в.с.}} = C'_{н.с.} + \frac{C_{np} V_{pp}}{m_{в.с.}}, \quad (4)$$

где  $C'_{н.с.}$  – начальная концентрация сорбированного загрязнения в ткани после пропитки, кг/кг.

В процессе пропитки хлопчатобумажной ткани растворами едкого натра связь между общей концентрацией загрязнения в ткани и концентрацией загрязнения в пропиточном растворе, при условии равновесия между фазами и фиксированной степенью отжима, выражается соотношением [6]:

$$C'_n = K_p \cdot C_{np}. \quad (5)$$

Получено выражение, позволяющее рассчитать начальную концен-

трацию загрязнения, сорбированного волокном ткани:

$$C'_{н.с.} = C'_н \left[ \frac{\rho_{pp} K_p - \eta}{\rho_{pp} K_p - C'_н} \right] \quad (6)$$

или через концентрацию загрязнения в пропиточном растворе:

$$C'_{н.с.} = \frac{C_{np} (\rho_{pp} K_p - \eta)}{\rho_{pp} - C_{np}}. \quad (7)$$

Плотность пропиточного раствора определяется плотностью растворителя и концентрацией загрязнения в растворе. Если в качестве растворителя используется вода, плотность пропиточного раствора может быть определена из соотношения:

$$\rho_{pp} = \rho + C_{np}, \quad (8)$$

где  $\rho$  – плотность воды.  $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$ .

Тогда:

$$C'_{н.с.} = \frac{C'_н (\rho K_p + C'_н - \eta)}{\rho K_p}; \quad (9)$$

$$C'_{н.с.} = \frac{C_{np} [K_p (\rho + C_{np}) - \eta]}{\rho}. \quad (10)$$

Из последнего соотношения можно определить величину константы сорбции загрязнения тканью:

$$K_c = \frac{C'_{н.с.}}{C_{np}} = \left( K_p - \frac{\eta}{\rho} \right) + \frac{K_p}{\rho} C_{np}. \quad (11)$$

Из полученного выражения видно, что константа сорбции является линейной функцией концентрации загрязнения в пропиточном растворе. Это объясняется изменением плотности пропиточного раствора при изменении его концентрации.

Следует отметить, что в полученных соотношениях свойства хлопчатобумажных тканей как объектов промывки учитываются через константу равновесия. Поэтому значение этой константы необходимо определять экспериментально для каждой из используемых тканей.

Следовательно, зная условие равновесия системы хлопчатобумажная ткань – пропиточный раствор, а также концентрацию пропиточного раствора или общую концентрацию загрязнения в материале, можно рассчитать концентрацию сорбированного волокном загрязнения.

Таким образом на основе экспериментальных изотерм сорбции паров воды рассмотрен качественный характер изотерм для хлопчатобумажной ткани после технологических операций отделки. Предложено уравнение для описания изотерм сорбции паров воды этой тканью.

Проведён анализ сорбционных характеристик ткани, обработанной раствором гидроксида натрия. Предложена методика расчёта концентрации сорбированного волокном загрязнения, с учётом условия равновесия, концентрации пропиточного раствора или общей концентрации технологического загрязнения в материале.

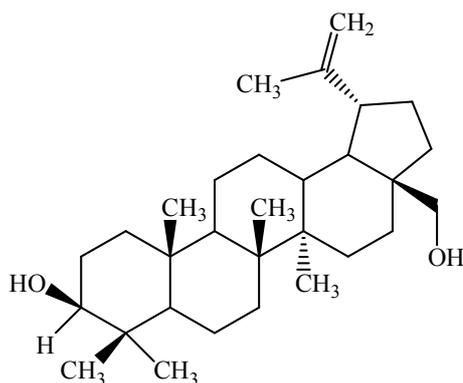
### Литература

1. *Сажин, Б.С., Кошелева М.К., Сажина М.Б.* Процессы сушки и промывки текстильных материалов. – М.: ФГБОУ ВПО МГУДТ, 2013. – 301 с.
2. *Kosheleva M.K., Shchegolev A.A., Reutsky V.A.* Study and Engineering Calculation of the Washing-Off of Knitted Fabrics // Изв.вузов. Технология текстильной промышленности. – 2004. – № 6. – С.116-18.
3. *Кошелева М.К., Наумов Д.А.* Исследование хлопчатобумажной ткани как объекта технологической обработки // Успехи в химии и химической технологии. – 2007. – Т.21. – № 11 (79). – С.101-103.
4. *Цимерманис Л.-Х. Б.* Сорбция, структурообразование, массоперенос (термодинамика влажного тела). – М.: «Алекс», 2006. – 232 с.
5. *Дорняк О.Р., Салах Х. Мела Аль Сарраджи, Шмитько Е.И., Усачев С.М.* Нестационарный связанный тепло- и массоперенос в системе контактирующих пористых материалов // Проблемы ресурсо- и энергосберегающих технологий в промышленности и АПК: сборник трудов Международной научно-практической конференции (ПРЭТ-2014). – Иваново: ИГХТУ. – 2014. – Т. 1. – С. 23-28.
6. *Реутский В.А., Щёголев А.А.* Исследование процесса сорбции – десорбции едкого натра хлопчатобумажной тканью. – В кн.: Современные проблемы развития текстильной промышленности и задачи подготовки инженерных кадров: Тез. докл.научной конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов МТИ. – М.: 1981. – С.181.

## **ОПЫТ ПОЛУЧЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ САЛИЦИЛАТОВ БЕТУЛИНА В РЕАКЦИЯХ АЗОСОЧЕТАНИЯ**

***Поляков Я.Б., Бычкова И.Н., Ручкина А.Г., Караваева Е.Б.***  
Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

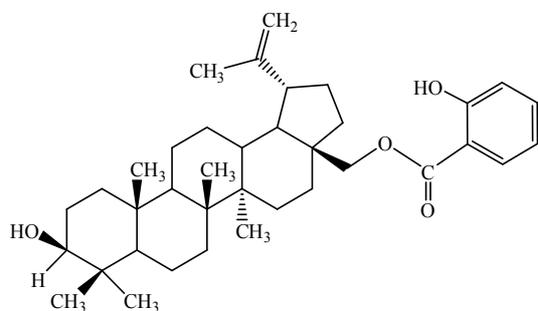
Развивая традиционное для кафедры органической химии направление исследований: синтез биологически активных азосоединений из нетрадиционного сырья, мы предприняли попытку получения подходящих для этого компонентов на основе бетулина (3β,28-дигидрокси-20(29)-лупен).



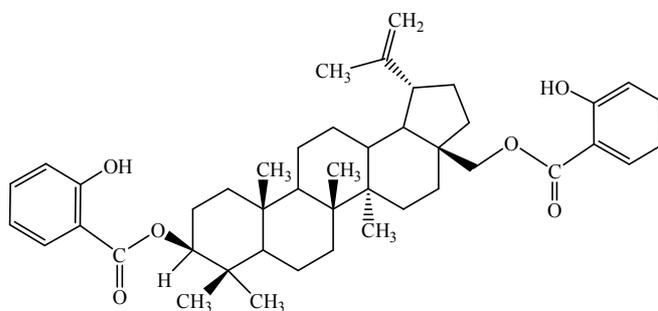
Тритерпеноидная структура бетулина и его дериватов в последние тридцать лет активно изучается учеными США, Японии, России в связи с высокой степенью надежды на создание препаратов для лечения заболеваний печени, язвенной болезни, микозов, вирусных заболеваний и даже ВИЧ. Известны и другие ценные свойства бетулина, которые уже сейчас позволяют использовать его в специальных косметических средствах. Впечатляет отсутствие зарегистрированной токсичности бетулина, а также отработанный и несложный метод его выделения из верхнего слоя коры березы - бересты.

Экстракцию бетулина из бересты проводили толуолом в соответствии с описанной методикой [1]. Выходы составили 6-8% в пересчете на сухую бересту. Продукт выделения очищен ( $T_{пл.} = 258-260^{\circ}C$ ), идентифицирован методами ЯМР  $^1H$ -спектроскопии и масс-спектрометрии.

Чтобы получить предполагаемый азокомпонент, мы ацилировали бетулин в смеси сухого пиридина и триэтиламина свежеприготовленным хлорангидридом салициловой кислоты при соотношении компонентов 1:1,5 и 1:5. Хлорангидрид (раствор в абсолютном бензоле) вводили при охлаждении реакционной смеси. Реакционную смесь выдерживали в течение 4 часов при нагревании. Не смотря на то, что для синтеза была использована известная методика [2], моно- и биссалицилаты бетулина ранее описаны не были. Полученные продукты реакции (выходы 62-73%) выделены, идентифицированы:



**28-О-салицилат бетулина**  
 $R_f = 0,78$   
 (хлороформ:метанол 25:1)



**3,28-О-биссалицилат бетулина**  
 $R_f = 0,87$   
 (хлороформ:метанол 25:1)

Основываясь на имеющихся сведениях о получении сложных эфиров бетулина непосредственно на бересте [3], мы провели опыт взаимодействия бетулина бересты с салициловой кислотой. При этом высушенную бересту в обезвоженном толуоле кипятили с 10-кратным избытком салициловой кислоты в течение 8 часов. Выделенный продукт идентифицирован как 3,28-О-биссалицилат бетулина (выход 48,4%).

Проведена реакция азосочетания салицилатов бетулина с п-нитроанилином и  $\alpha$ -нафтиламином в стандартных условиях. Полученными азосоединениями окрашена полиамидная ткань. В докладе обсуждаются свойства окрашенных образцов.

### Литература

1. *Сонина Е.Г., Сысолятин С.В., Калашиников А.И., Малыхин В.В., Сурмачев В.Н.* Гидрирование бетулина // Ползуновский вестник. – 2013. – № 3. – С. 133-136.

2. *Флехтер О.Б., Карачурина Л.Т., Поройков В.В., Нигматуллина Л.Р., Балтина Л.А., Зарудий Ф.С., Давыдова В.А., Спирихин Л.В., Байкова И.П., Галин Ф.З., Толстиков Г.А.* Синтез эфиров тритерпеноидов группы лупана и их гепатопротекторная активность // Биоорганическая химия. – 2000. – Том 26. – №3. – С.215-223.

3. *Кузнецова С.А., Скворцова Г.П., Маляр Ю.Н., Соколенко В.А., Кузнецов Б.Н.* Синтез дипропионата бетулина из бересты коры березы // Химия растительного сырья. – 2011. – №4. – С.77-82.

## **ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА МОДИФИКАЦИИ ХИТОЗАНОВЫХ ПЛЕНОК БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ\***

*Касаткина М.А., Кильдеева Н.Р.*

Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

В современном мире экологии человека уделяется все большее внимание, поэтому с каждым годом распространение получают природные полимеры, которые применяют для получения материалов для медицины и защиты человека от негативного воздействия окружающей среды. К числу биополимеров, наиболее перспективных для создания материалов медико-биологического назначения, относится полисахарид хитозан (рис. 1). Хитозан обладает уникальными биологическими свойствами, которые включают биосовместимость, способность к биологическому разложению, не-

---

\* Работа выполнена при поддержке РФФИ проект № 15-04-01 и в рамках базовой части государственного задания вузам в 2015 г. проект № 2698.

токсичность, сродство к белкам, кровоостанавливающие, фунгистатические, противоопухолевые свойства.

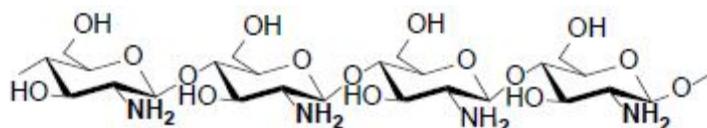


Рис. 1. Формула хитозана

Растворимость хитозана в разбавленных водных растворах кислот, наряду с волокно- и пленкообразующей способностью и наличием реакционноспособных аминогрупп облегчает модификацию этого полимера и переработку его в полимерные изделия (волокна, пленки) или создание на его основе композиций для антимикробной отделки текстильных материалов. Для получения на основе хитозана, материалов, не растворимых в воде, но обладающих высокой способностью к набуханию, используют полифункциональные соединения, способные взаимодействовать с хитозаном с образованием трехмерной сетки сшитого геля.

Целью данной работы являлось исследование влияния строения полифосфата и условий его взаимодействия с аминогруппами хитозана в процессе получения нерастворимых, но способных к набуханию в воде пленок с пролонгированным выделением антимикробного или анестезирующего вещества.

Благодаря наличию в составе макромолекулы хитозана способных к протонированию аминогрупп, он может связываться с низкомолекулярными полианионами за счет взаимодействия с отрицательно заряженными ионизирующимися группами. По сравнению с ковалентной сшивкой ионная сшивка имеет ряд преимуществ: мягкие условия и простота процедуры.

Наличие положительно заряженных групп в макромолекуле хитозана позволяет осуществить сшивку полимера полианионами за счет электростатических взаимодействий. Триполифосфат натрия (ТПФ) и пирофосфат калия (ПФ) были использованы в качестве ионных сшивающих реагентов.

Полученные расчетные и экспериментальные зависимости числа отрицательно заряженных групп в молекулах триполифосфата и пирофосфата и степени протонирования аминогрупп хитозана от pH позволили определить оптимальные условия для ионной сшивки: область pH, внутри которой аминогруппы хитозана протонированы и имеют положительный заряд, а сшивающие реагенты содержат не менее двух отрицательно заряженных группировок.

Результаты кондуктометрических и нефелометрических исследований показали, что ТПФ и ПФ за счет электростатических взаимодействий сшивают хитозан в широком диапазоне pH. Особенности взаимодействий между хитозаном и полифосфатами были исследованы также с помощью ИК-спектроскопии.

Полученные данные позволили определить условия для модификации биологически активных пленок на основе хитозана. Были получены пленки на основе хитозана, модифицированные ТПФ и ПФ путем обработки раствором сшивающих реагентов пленок, сформованных из уксуснокислотных водных растворов хитозана.

При погружении хитозановых пленок в растворы ТПФ (0,5% и 1,0%) и ПФ (1,0%) с последующей промывкой водой были получены нерастворимые материалы. При изменении времени выдерживания пленки в растворе ТПФ или ПФ от 15 до 30 мин равновесная степень набухания хитозановых пленок уменьшалась от 150 до 80% для ТПФ и от 165 до 145% для ПФ. Наибольшей степенью набухания в воде обладали пленки, полученные с использованием ТПФ с концентрацией 0,5%, поэтому для получения лекарственно-наполненных пленок была использована именно эта концентрация ТПФ.

Для получения биологически активных хитозановых пленок с антимикробными свойствами и пленок, обладающих анестезирующим действием, в раствор хитозана вводили мирамистин или лидокаин соответственно.

Свежесформованные пленки были обработаны водными растворами ТПФ или ПФ. С целью регулирования скорости выделения биологически активных веществ из полимерных пленок продолжительность обработки изменялась от 15 до 30 минут. Выделение лидокаина из пленки, обработанной триполифосфатом натрия в течение 30 минут, происходит медленнее, чем в случае пленки, обработанной 5 минут (рис. 2). При этом количество выделившегося лидокаина в зависимости от времени обработки и выбора сшивающего реагента изменялось от 8-13% до 43,6%. Количество выделившегося мирамистина для всех образцов составило примерно 90% от введенного в пленку. Увеличение времени обработки пленок триполифосфатом натрия от 5 до 30 минут позволяет увеличивать время выделения лекарственного средства от 2,5 до 6 часов и почти до 8 часов при использовании вместо ТПФ пирофосфата калия.

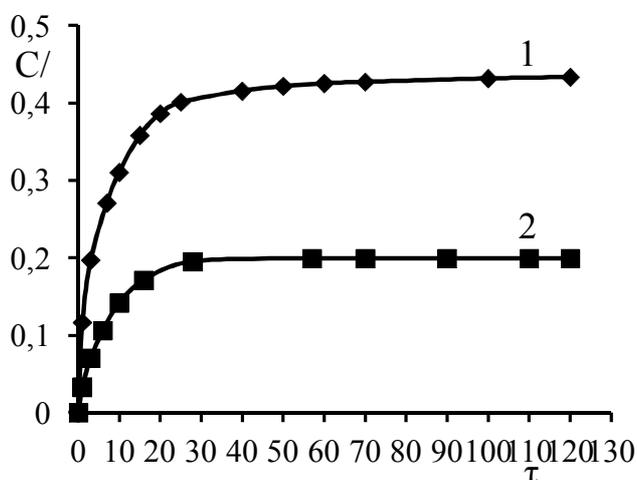


Рис. 2. Кинетика выделения лидокаина из пленки на основе хитозана, обработанной триполифосфатом натрия (0,5%) в течение 5 (1) и 30 минут (2)

Тесты на антимикробную активность пленок из 4% хитозана с мирамистином (0,5% от массы полимера) показали способность пленок угнетать рост микроорганизмов. Зоны задержки роста микроорганизмов *Staphylococcus aureus* и *Escherichia coli* составила 10,5 мм, а *Pseudomonas aeruginosa* - 12,5 мм.

Таким образом, обоснование условий модификации хитозановых пленок полифосфатами позволило получить не растворимые в воде биополимерные матрицы с регулируемым влагопоглощением и кинетикой выделения биологически активных соединений лидокаина или мирамистина. Благодаря использованию нетоксичных сшивающих реагентов полученные биологически активные композиции могут иметь перспективы использования в качестве раневых покрытий в виде пленок или для модификации текстильных материалов, обладающих способностью подавлять развитие инфекции или оказывать анестезирующее действие.

## **РАЗРАБОТКА ПЕЧАТНЫХ ЧЕРНИЛ ДЛЯ ЦИФРОВОЙ ПЕЧАТИ ПО ШЕРСТИ И КОЖЕ ДЛЯ СОЗДАНИЯ УПАКОВОЧНОЙ И РЕКЛАМНОЙ ПРОДУКЦИИ**

*Клинкова Е.А., Костикова О.А., Третьякова А.Е., Сафонов В.В.*  
Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

В настоящее время существует еще один аспект развития области цифровой печати – рост сферы услуг и рекламы, которые представляют и на текстильных носителях: одежда и любой текстиль с рекламным лейблом, промопродукция, упаковка и маркировка любых изделий, баннеры и т.д. Для продвижения на рынок и завоевания внимания потребителя производитель должен обеспечить и качественное представление товара с помощью ярлыков и лейблов, которые нашивают на готовое изделие. С позиции экологичности, экономичности все чаще такую продукцию реализовывают с помощью цифровых технологий – на принтерах, тампостанках. Основной трудностью является фактор, обуславливающий высокую стоимость печатных чернил. Чернила должны иметь определенные параметры вязкости, поверхностного натяжения, электропроводности и пр., чтобы обеспечить оптимальную работу печатающей головки принтера, а также получение высококачественных отпечатков на текстильных изделиях и изделиях легкой промышленности.

Цифровая технология печати – бурно развивающаяся сфера колорирования текстильной промышленности. Преимущество такого рода печати заключается, в первую очередь, в цветовом разнообразии, безграничности получения цветовой гаммы, вплоть до фотореалистичных изображений. Экологичность процесса является также еще одним аспектом, поскольку минимизирован процесс расхода красителя и может быть исключена опе-

рация заключительной промывки, что позволяет снизить попадание токсичных соединений в сточные воды. Компактность оборудования: даже широкоформатные плоттеры занимают несравненно меньшую площадь, чем станки и машины ротационной печати.

Наряду с преимуществами имеется и ряд трудностей, пока сдерживающий рост внедрения, и главной причиной является экономический фактор, обуславливающий высокую стоимость печатных чернил в связи с рядом требований для них.

Авторами впервые рассматривается разработка оптимальных условий технологического процесса цифровой печати печатными чернилами на базе водорастворимых активных и кислотных красителей изображений и оттисков для получения ярлыков и лейблов из кожи.

Для осуществления поставленной цели авторами в первую очередь решаются и вопрос, связанный с подбором колористики изготавливаемых чернил. Обычно цветоделение изображения проводится с помощью субтрактивного синтеза цветов на базе цветовой СМУ(К)-триады.

С помощью специального графического редактора, например Adobe Photoshop, проводится специальная обработка выбранного изображения, т.е. необходимо унифицировать алгоритм работы печатающего устройства для ускорения процесса печатания. Эту задачу облегчает использование специальных программ – растровых процессоров (Raster Image Processor, RIP).

RIP является программой, преобразующей изображение, подлежащее печати, в битовую карту точек голубого, пурпурного, желтого, черного и нескольких дополнительных цветов (СМУК + Orange + Blue + Red + Violet). RIP выполняет весь комплекс операций по технологической подготовке печати: масштабирует изображения заданным образом, разбивает изображения большого формата на заданные произвольные фрагменты прямоугольной формы, добавляя к ним припуски для последующей сшивки/сварки, обеспечивает верную цветопередачу на базе заранее выполненной цветокалибровки, быстро и точно растрирует задание.

Как и в традиционной шаблонной печати, основную роль играет загуститель, обуславливающий необходимые реологические характеристики печатной краски/чернил, поэтому авторами исследованы различные системы полимерных структурированных растворов, включая и компоненты, обеспечивающие фиксацию активных и кислотных красителей.

Проведенные исследования показали, что разработанные печатные чернила гарантируют высокие качества печати: ровноту печати, глубину проникновения печатной краски/чернил, четкость контуров изображения, выход цвета, а также устойчивость получаемых оттисков к условиям эксплуатации: стиркам, глажению и трению.

# СИНТЕЗ АЗОКРАСИТЕЛЕЙ, СОДЕРЖАЩИХ В СТРУКТУРЕ ХЕЛАТИРУЮЩИЕ ГРУППЫ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИХ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ С ПОВЫШЕННЫМИ КОМПЛЕКСООБРАЗУЮЩИМИ СВОЙСТВАМИ ОТНОСИТЕЛЬНО ИОНОВ НЕКОТОРЫХ МЕТАЛЛОВ\*

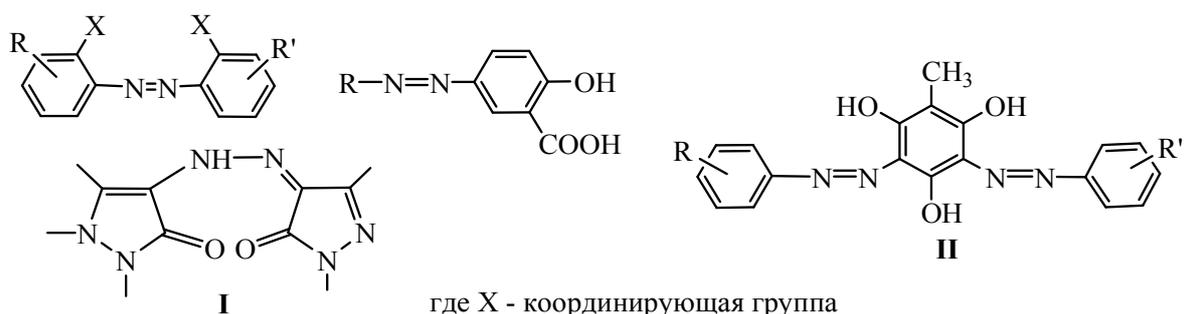
*Родионов В.И., Станкевич Г.С., Шарипов Ф.Э., Бычкова И.Н.,  
Кобраков К.И.*

Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

Ранее нами было обнаружено, что при обработке текстильных материалов коллоидным раствором наноразмерных частиц серебра на окрашенных элементах ткани закрепляется на 20-30% больше наночастиц, чем на неокрашенных.

Исходя из рабочей гипотезы, что взаимодействие ионов и наноразмерных частиц металлов с функциональными группами красителей вносит значительный вклад в фиксацию первых на текстильных материалах, нами синтезированы ряды разнообразных по строению красителей и проведено спектрофотометрическое изучение их взаимодействия с рядом металлов и наноразмерных частиц серебра.

В настоящей работе нами проводилось исследование с двумя сериями азокрасителей: красители первого типа (I) карбо- и гетероциклических рядов, содержащих функциональные группы, строение и взаимное расположение которых заведомо обеспечивает целевую реакцию комплексообразования, и новые азокрасители второго типа (II), полученные на основе 2,4,6-тригидрокситолуола (метилфлороглуцина, МФГ) в качестве азосоставляющей, строение которых делает их «классическими» комплексообразователями.



В процессе исследования спектрофотометрически изучалось кислотно-основное равновесие и реакции комплексообразования синтезированных модельных соединений с ионами некоторых металлов и наноразмерными частицами серебра.

\* Исследование выполнено при поддержке Министерства образования и науки РФ, задание №4.143.2014/К.

Установлены определенные закономерности, связывающие хелатирующую способность синтезированных красителей с их строением, возможностью таутомерных переходов и др.

Делается попытка объяснить химизм взаимодействия изучаемых красителей с наноразмерными частицами серебра.

Наиболее активные комплексообразующие красители использованы при разработке лабораторных и технологических регламентов модифицирования волокон, тканей и изделий их них наноразмерными частицами серебра.

Проведена оптимизация технологических регламентов, апробированных в опытно-промышленных условиях, позволяющая минимизировать содержание наноразмерных частиц серебра в сточных водах отделочного производства, при этом фиксировать на обрабатываемом материале количество наномодификатора в соответствии с техническими требованиями к биоцидным свойствам готового изделия.

Установлено, что разработанные методики с использованием хелатирующих красителей обеспечивают высокую устойчивость биоцидных (в частности фунгицидность) свойств полученного материала к многократным водным обработкам.

Разработанная технология наномодифицирования использована при выпуске опытных партий текстильных и трикотажных изделий на ряде предприятий: ООО «Заречье – сервис», ООО «Эдельхаус, NANOVO kft (Россия-Венгрия), ООО «Ника-текстиль» (Тверь).

Изделия, изготовленные по вышеуказанной технологии, эксплуатируются в настоящее время в подразделениях МЧС РФ, сотрудниками Калининской АЭС, Следственного комитета г. Москвы и др.

## **ОБОСНОВАНИЕ ВРЕМЕНИ ОБРАБОТКИ ЛЬНЯНОЙ РОВНИЦЫ В ЭХА-РАСТВОРАХ С УЧЕТОМ ИХ РЕЛАКСАЦИИ\***

*Рудовский П.Н., Собашко Ю.А., Смирнова С.Г.*

**Костромской государственный технологический университет, Россия**

В работах [1-12] показано, что использование электрохимически активированных (ЭХА) растворов при подготовке суровой ровницы к прядению позволяет эффективно разрушать лигнин и осуществлять отбеливание. Известно, что ЭХА-растворы являются неравновесными и содержат ионы и свободные радикалы с определенным временем жизни. С течением времени происходит релаксация растворов и переход их в равновесное состояние. Для обоснованного выбора времени обработки льняной ровницы

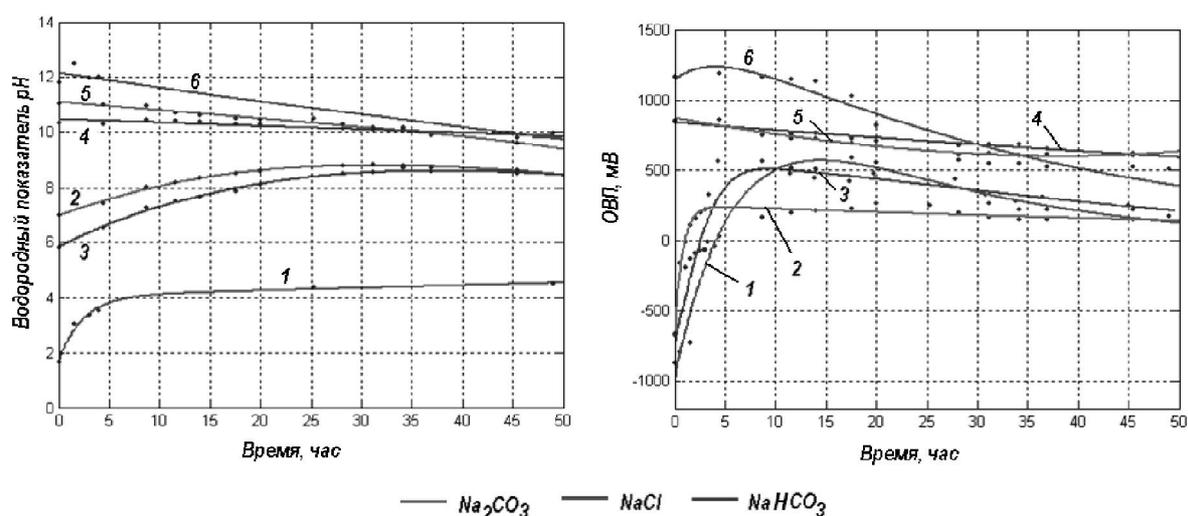
---

\* Работа выполнена в рамках госзадания на выполнение научных исследований на 2014 год тема № 115

в ЭХА-растворах нами проводились эксперименты по изучению процесса их релаксации. ЭХА-растворы получают в проточных электролизерах, при этом в воду для создания небольшого уровня минерализации, обеспечивающего электропроводность, добавляются растворы солей. В процессе эксперимента для этого использовались три соли  $\text{NaCl}$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  и  $\text{NaHCO}_3$ . В процессе получения ЭХА-растворов ток, протекающий через группу из 12 параллельно соединенных электролизеров, поддерживался на уровне 5 А. В процессе эксперимента контролировались водородный показатель pH и окислительно-восстановительный потенциал (ОВП) получаемых растворов в течение 50 часов после их приготовления. Полученные результаты в виде графиков приведены на рис.1. Из графиков видно, что растворы, образующиеся на катоде, – католиты обладают выраженными щелочными свойствами. Их используют для делигнификации льняной ровницы. Релаксация католитов протекает довольно медленно и в течение суток после приготовления их можно использовать для обработки ровницы.

Релаксация анолитов протекает по более сложному закону. Их водородный показатель существенно зависит от состава соли, используемой для создания минерализации, направляемой в электролизер воды. Анолит, получаемый с использованием  $\text{NaCl}$ , имеет выраженную кислую реакцию, в то время как анолиты, получаемые с использованием  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  и  $\text{NaHCO}_3$ , и являются практически нейтральными. Релаксация ОВП во всех анолитах протекает достаточно быстро и как эффективный окислитель их можно использовать только в первые 1-2 часа после получения.

Все экспериментальные данные, приведенные на графиках (рис.1), интерполировались экспоненциальными зависимостями.



**Рис. 1.** Изменение параметров ЭХА растворов со временем 1, 2, 3 – анолит; 4, 5, 6 – католит; 1, 6 –  $\text{NaCl}$ ; 2, 5 –  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ; 3, 4 –  $\text{NaHCO}_3$

Полученные экспериментальные данные, характеризующие релаксацию свойств ЭХА растворов, позволяют обоснованно подойти к выбору

рационального времени обработки льняной ровницы при разработке технологических процессов варки и отбеливания.

### Литература

1. *Смирнова С.Г., Соркин А.П., Рудовский П.Н. и др.* Экспериментальная проверка влияния обработки трепаного льна катодом на качественные параметры прочеса // Вестник Костромского государственного технологического университета. – 2008. – № 17. – С.18-21.

2. *Рудовский П.Н., Соркин А.П., Смирнова С.Г., Гаврилова А.Б.* Способ формирования и подготовки некрученой ровницы к прядению и устройство для его осуществления. Патент РФ №2467103 опубл. 20.11.2012., бюл. №32.

3. *Петров В.Л., Гаврилова А.Б., Соркин А.П., Рудовский П.Н. и др.* Способ формирования и подготовки льняной ровницы к прядению. Патент РФ №2404300 опубл. 20.11.2010., бюл. № 32.

4. *Рудовский П.Н., Соркин А.П., Смирнова С.Г.* Подготовка ровницы к прядению в реакторе для электрохимической активации воды // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013. – № 3 (345). – С.51-55.

5. *Rudovsky P.N., Sorkin A.P., Smirnova S.G.* Influence of the conditions of forming a wet free from twist roving on its structure and durability // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2011. – № 3. – С.34-38.

6. *Смирнова С.Г., Соркин А.П., Петров В.Л., Гаврилова А.Б.* Анализ влияния на прочность некрученой ровницы электрохимически активированного водного раствора // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2008. – № 4. – С.56-58.

7. *Рудовский П.Н.* О перспективах использования электрохимически активированных растворов при подготовке льняной ровницы к прядению // Фундаментальная наука и технологии - перспективные разработки. Материалы IV международной научно-практической конференции. н.-и. ц. «Академический». Издательство: CreateSpace. – 2014. – С.164 – 168.

8. *Рудовский П.Н., Соркин А.П., Собашко Ю.А.* Использование катода при подготовке льняной ровницы к прядению // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2014. – № 5. – С. 40-43.

9. *Рудовский П.Н., Ямщиков А.В.* Способ формирования некрученой ровницы из льняного волокна Патент РФ №2227824, опубл. 27.04.2004 №12.

10. *Рудовский П.Н., Соркин А.П., Кириллова Е.С.* Устройство для формирования ровницы из льняного волокна. Патент РФ №49001, опубл. 10.11.2005. № 31.

11. Рудовский П.Н., Палочкин С.В., Соркин А.П., Смирнова С.Г. Устройство для формирования ровницы из льняного волокна. Патент РФ №90444, опубл. 10.01.2010 Бюл. №1.

12. Рудовский П.Н., Букалов Г.К. Использование ЭХА-растворов для снижения экологической опасности технологического процесса беления и подготовки ровницы к прядению // Вестник КГТУ, 2014. – №2. – С.74-76.

## **ВЛИЯНИЕ ФЕРМЕНТАТИВНОЙ ОТДЕЛКИ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЛЬНЯНЫХ ТКАНЕЙ**

*Скобова Н.В., Ясинская Н.Н.*

**Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь**

Биотехнологии универсально решают одновременно две задачи – повышение экологичности и экономичности процессов отделочного производства. Наибольшее практическое применение находят ферментные технологии, основанные на использовании природных катализаторов – энзимов. Действие энзимов заключается в направленной очистке льняных материалов от естественных спутников и примесей, смягчение тканей, модифицирование и полировка их поверхности, что улучшает качество готовой продукции. Это является актуальным направлением для повышения качества льняной продукции РУПТП «Оршанский льнокомбинат».

Критериями качества льняных тканей нового поколения являются износоустойчивость, комфортность, специфические эффекты на поверхности ткани, гигиеничность и экологичность. Комплексное решение данной проблемы достигнуто путем применения энзимной технологии обработки льняных тканей с использованием полиферментных композиций на основе целлюлаз и их композиций с амилазами и пектиназами.

В производственных условиях РУПТП «Оршанский льнокомбинат» проведена работа по энзимной обработке льняных тканей периодическим способом с использованием ферментного препарата Бактозоль CNX фирмы "Clariant" (Швейцария).

Процессу биоотделки подвергались два образца льняной ткани костюмного ассортимента: образец 1 - ткань поверхностной плотности 175 г/м<sup>2</sup> (пряжа льняная мокрого способа прядения 56 текс); образец 2 - ткань поверхностной плотности 195 г/м<sup>2</sup> (пряжа оческовая мокрого прядения 58 текс).

Технологический режим обработки материала выбирался исходя из производственных возможностей предприятия и состоял из операций: энзимная обработка, сушка, усадка, механическое умягчение.

Рассмотрим каждую операцию отдельно.

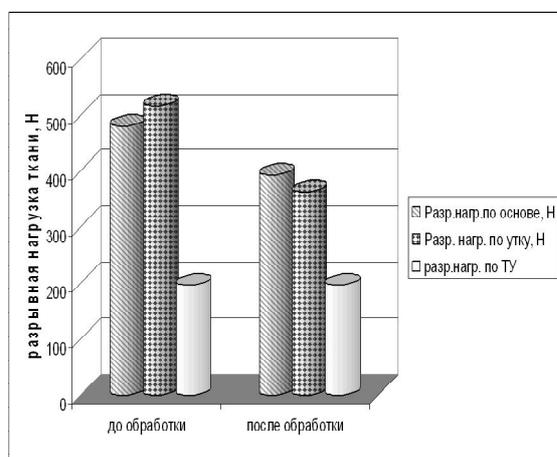
1. Энзимная обработка тканого материала осуществлялась на красильно-роликовой машине по технологическому режиму, включающему обработку тканого материала ферментным препаратом Бактозоль CNX с минимальной концентрацией (модуль ванны 1:10).

2. Сушка материала проводилась на сушильно-ширильной машине с химическим умягчением.

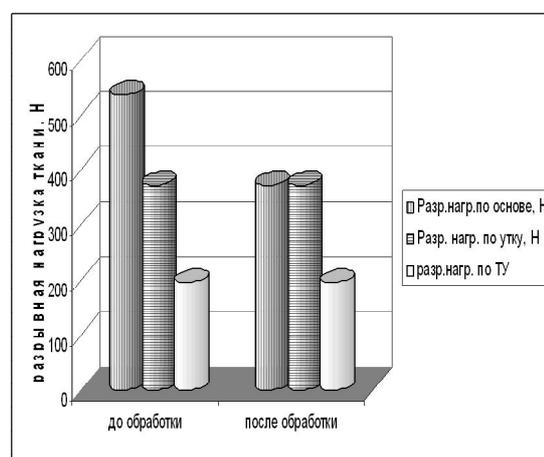
3. Для придания ткани окончательных размеров проведена обработка материала на тканеусадочной машине ТУМ ф.Сибитекс (Италия).

4. Механическое умягчение материала на машине "AIRO 24" ф. Бианкаланк.

Эффективность энзимной обработки материала оценивалась путем сравнения физико-механических свойств тканей двух образцов полотен до и после обработки. Результаты исследований свойств материала представлены на рис. 1-2.

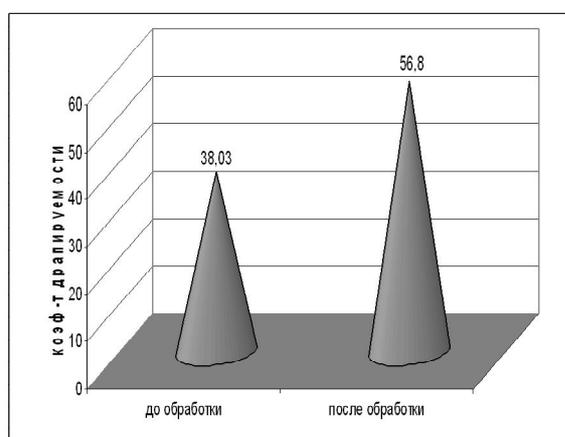


Образец 1

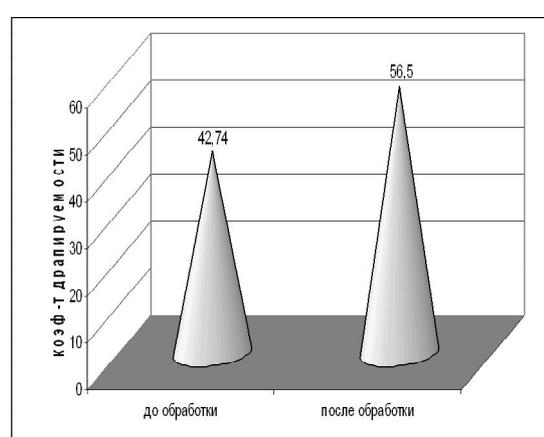


Образец 2

Рис. 1. Разрывная нагрузка ткани



Образец 1



Образец 2

Рис. 2. Коэффициент драпируемости двух образцов тканей

Анализ прочностных характеристик двух вариантов ткани показывает потерю разрывной нагрузки для образца 1 на 20%, образца 2 - на 30%, однако при сравнении с ТУ прочность у обработанных образцов в 2 раза больше нормированной. Аналогичная картина наблюдается по показателю стойкости к истиранию.

При сравнении суровой ткани с образцами, обработанными энзимами, можно отметить повышение коэффициента драпируемости в среднем на 25-30%.

Таким образом, обработка льняных материалов полиферментными препаратами в сочетании с механической активацией доказывает возможность придания льняным тканям дополнительной мягкости, специфических структурных и колористических эффектов в виде жатости и потертости.

## **МОДИФИКАЦИЯ ПОВЕРХНОСТИ ОСНОВНОЙ ПРЯЖИ В ХОДЕ ШЛИХТОВАНИЯ СОСТАВАМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОЛИАКРИЛАТОВ\***

*Смирнова С.В.*

**Ивановский государственный химико-технологический университет, Россия**

Шлихтование является ответственной и очень важной операцией в процессе подготовки основной пряжи к ткачеству. Назначение процесса шлихтования сводится к сообщению основной пряже соответствующих свойств (модификации поверхности), обеспечивающих эффективную текстильную переработку ее на ткацком станке. Шлихтование требует определенных затрат. Однако данные затраты могут быть оправданы положительными технологическими результатами на всех этапах формирования ткани, что достигается правильным выбором шлихты и технологии ее применения [1].

К материалам, применяемым в качестве клеящих ингредиентов шлихты, предъявляется сложный комплекс требований, и ни один из многочисленных природных и синтетических полимеров всесторонне ему не удовлетворяет. В связи с этим определенный интерес представляют многокомпонентные шлихтующие композиции, в которых рациональное сочетание компонентов позволяет изменять в нужном направлении физико-химические свойства шлихты и тем самым нивелировать недостатки отдельных компонентов. Лучшие на сегодняшний день, с точки зрения образования пленок на поверхности пряжи, такие материалы как поливиниловые спирты (ПВС) или производные карбоксиметилцеллюлозы (КМЦ), ко-

---

\* Работа выполнена в соответствии с государственным заданием Министерства образования и науки РФ

торые имеют высокую стоимость, и в последние годы четко прослеживается еще большее удорожание этих продуктов. Кроме того, применяемая на большинстве отечественных отделочных предприятий технология подготовки хлопчатобумажных и хлопкополиэфирных тканей под последующее крашение или печать, вызывает затруднения по применению ПВС в шлихтовании. В настоящее время основной массовой составляющей такой композитной шлихты является недорогой материал (обычно – модифицированный крахмал), а высокие технологические параметры достигаются с помощью небольших добавок более дорогих компонентов.

В работе исследовано влияние добавок полиакрилатов на технологические параметры шлихты для хлопчатобумажной и смесовой (хлопок-полиэфир 80:20%) пряжи. Основной компонент исследованных шлихт – модифицированный крахмал (в концентрации от 5 до 10% - в зависимости от номера и качества пряжи, а также от предполагаемой скорости работы ткацкого станка). Во всех экспериментах шлихты содержали 0,2% универсальной добавки на основе натурального воска. Добавка полиакрилатов к шлихте составляла 0,5-1,5%. Сами полиакрилаты не дают пленки на поверхности пряжи, но очень эффективно повышают клеящую способность шлихты. Кроме того, шлихта становится подвижнее и эластичнее, благодаря чему достигается лучшее обволакивание и проникание ее внутрь пряжи.

Для достижения хорошего эффекта шлихтования и обеспечения бесперебойной работы ткацкого производства необходимо, чтобы пленка шлихты обладала хорошим сцеплением (адгезией) с волокном и достаточной внутренней прочностью (когезией). Косвенными показателями адгезионных и когезионных свойств шлихты являются фрикционные и деформационные характеристики ошлихтованной пряжи [2,3]. После шлихтования исследованными составами улучшились фрикционные и деформационные характеристики ошлихтованной пряжи: снизилось трение пряжи по металлу и повысилась разрывная прочность пряжи (на 20-25%), а также устойчивость пряжи к истиранию (на 25-30%) по сравнению с образцами, ошлихтованными без применения акрилатов. Кроме того, значительно снизились коэффициенты вариации исследованных показателей, что свидетельствует о повышении равномерности основной пряжи. В ткачестве применение композитных шлихт, содержащих полиакрилаты, позволило снизить обрывность пряжи в среднем в 3 раза. Исчез облет шлихты в ценовом поле станков. В ряде случаев удалось снизить расход шлихты в кг на 1 кг пряжи.

## Литература

1. *Смирнова С.В.* Оценка эффективности ряда производных крахмала в качестве клеящего компонента шлихты // Известия вузов. Химия и химическая технология. – 2014. – Т.57. – № 3. – С. 102-106.

2. *Смирнова С.В.* Модификация поверхностных и деформационных свойств пряжи в ходе шлихтования составами на основе эфиров целлюлозы и крахмала // Сборник материалов Всеросс. XI научно-техн. конф. с междунар. уч. «Эфиры целлюлозы и крахмала: синтез, свойства, применение», Владимир, 2007. – С. 230-232.

3. *Смирнова С.В.* Оценка эффективности использования лигносульфонатов в шлихтовании пряжи составами на основе эфиров целлюлозы и крахмала // Сборник тезисов Международной научно-практической конференции «Нано-, био-, информационные технологии в текстильной и легкой промышленности» (Текстильная химия – 2011), Иваново, ИГХТУ, 21-23 сентября 2011 г. – С. 70-71.

## **ОБОСНОВАНИЕ РЕЖИМОВ ОБРАБОТКИ ЛЬНЯНОЙ РОВНИЦЫ В КАТОЛИТЕ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ЕЕ К ПРЯДЕНИЮ \***

*Собашко Ю.А.*

**Костромской государственный технологический университет, Россия**

Известные способы подготовки льняной ровницы к прядению основаны на гидролитическом расщеплении полимерных спутников целлюлозы, к числу которых, в частности, относится лигнин. Рациональное удаление примесей представляет собой сложную технологическую задачу, решаемую путем многостадийных и длительных воздействий на льноволокно низкоконцентрированными растворами кислот, щелочей и окислителей.

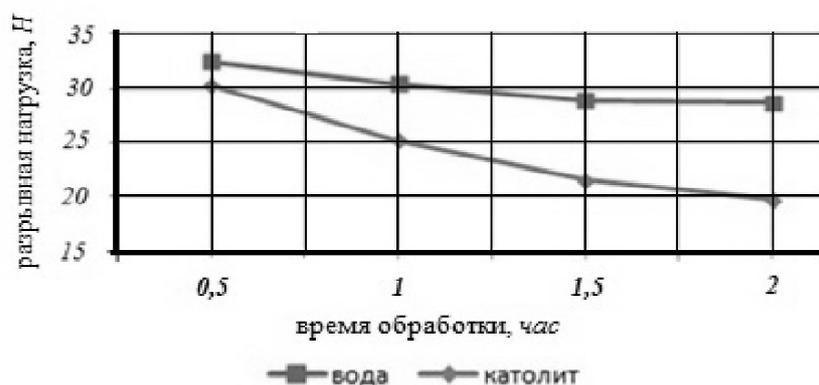
Ранее было показано [1 – 12], что использование электрохимически активированных растворов позволяет эффективно разрушать лигнин. Для уточнения режимов обработки ровницы нами проводились эксперименты, в процессе которых ровница с линейной плотностью 754 текс подвергалась обработке католитом с  $pH=11,8$ . Обработка заключалась в погружении отрезков ровницы длиной 20 см на 30, 60, 90 и 120 мин в раствор католита с температурой 60°C при непрерывном помешивании. В качестве контрольного варианта использовалась ровница, обработанная в воде с температурой 60°C на тех же временных отрезках. По завершении обработки образцы извлекались из раствора и подвергались испытанию на разрыв при зажимной длине 10 см. Прочность ровницы при такой зажимной длине характеризует мацерационную способность волокна, т.е. его способность к продольному дроблению.

Полученные средние значения разрывной нагрузки и величина потери прочности ровницы в зависимости от времени обработки католитом и водой приведены в виде графиков на рис. 1. Разрывная нагрузка необрабо-

---

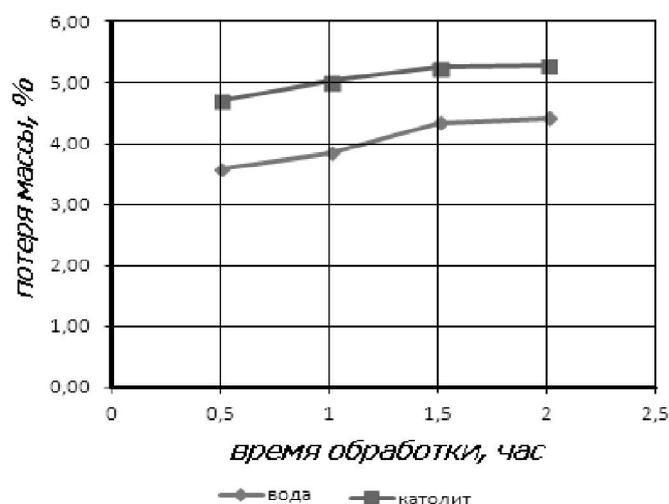
\* Работа выполнена в рамках госзадания на выполнение научных исследований на 2014 год, тема № 115

танной суровой ровницы, используемой в эксперименте, составляла 35,2 Н. Полученные в результате эксперимента значения сравнивались со значениями прочности ровницы, обработанной в условиях производства на ОАО БКЛМ-Актив, которые составили 25,1 Н. Таким образом, как видно из графиков (рис.1), используемое в условиях производства значение разрывной нагрузки достигается при обработке в католите за время обработки менее чем за 60 минут.



**Рис. 1. Мацерационная способность бескруточной ровницы, обработанной в воде и католите pH=11,8**

Другим показателем, характеризующим интенсивность химической обработки ровницы, является потеря массы. Для ее определения образцы ровницы, испытывающиеся на разрыв, по завершении испытаний каждого из них обрезались по зажимам, высушивались до кондиционной влажности и взвешивались. Результаты экспериментов представлены на рис.2. Потеря массы вареной ровницы при обработке по режимам, используемым на ОАО БКЛМ-Актив, составляет 12-15%.



**Рис. 2. Потеря массы ровницы при обработке в воде и католите pH=11,8**

Малая потеря массы в эксперименте может объясняться тем, что помешиванием раствора с образцами не удастся обеспечить степень цирку-

ляции раствора через слой ровницы, соизмеримую с этим параметром на промышленном оборудовании.

Таким образом, по результатам эксперимента можно рекомендовать для проверки в условиях экспериментального производства режим варки ровницы в католите с рН=11,8 в течение часа при температуре 60° С с последующей промывкой для удаления продуктов распада инкрустов.

## Литература

1. *Смирнова С.Г.* Экспериментальная проверка влияния обработки трепаного льна католитом на качественные параметры прочеса/*С.Г Смирнова, А.П. Соркин, П.Н. Рудовский* и др.// Вестник КГТУ. – 2008. – № 17. – С. 18-21.

2. *Рудовский П.Н., Соркин А.П., Смирнова С.Г., Гаврилова А.Б.* Способ формирования и подготовки некрученной ровницы к прядению и устройство для его осуществления. Патент РФ №2467103 опубл. 20.11.2012., бюл. №32.

3. *Петров В.Л., Гаврилова А.Б., Соркин А.П., Рудовский П.Н. и др.* Способ формирования и подготовки льняной ровницы к прядению. Патент РФ №2404300 опубл. 20.11.2010., бюл. № 32.

4. *Рудовский П.Н., Соркин А.П., Смирнова С.Г.* Подготовка ровницы к прядению в реакторе для электрохимической активации воды // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013. – № 3 (345). – С. 51-55.

5. *Rudovsky P.N., Sorkin A.P., Smirnova S.G.* Influence of the conditions of forming a wet free from twist roving on its structure and durability // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2011. – № 3. – С. 34-38.

6. *Смирнова С.Г., Соркин А.П., Петров В.Л., Гаврилова А.Б.* Анализ влияния на прочность некрученной ровницы электрохимически активированного водного раствора // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2008. – № 4. – С. 56-58.

7. *Рудовский П.Н.* О перспективах использования электрохимически активированных растворов при подготовке льняной ровницы к прядению // Фундаментальная наука и технологии - перспективные разработки. Материалы IV международной научно-практической конференции. н.-и. ц. «Академический». Издательство: CreateSpace.– 2014. – С.164-168.

8. *Рудовский П.Н., Соркин А.П., Собашко Ю.А.* Использование католита при подготовке льняной ровницы к прядению // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2014. – № 5. – С. 40-43.

9. *Рудовский П.Н., Ямщиков А.В.* Способ формирования некрученной ровницы из льняного волокна Патент РФ №2227824, опубл. 27.04.2004 №12.

10. Рудовский П.Н., Соркин А.П., Кириллова Е.С. Устройство для формирования ровницы из льняного волокна. Патент РФ №49001, опубл. 10.11.2005. – № 31.

11. Рудовский П.Н., Палочкин С.В., Соркин А.П., Смирнова С.Г. Устройство для формирования ровницы из льняного волокна. Патент РФ №90444, опубл. 10.01.2010 Бюл. №1.

12. Рудовский П.Н., Букалов Г.К. Использование ЭХА-растворов для снижения экологической опасности технологического процесса беления и подготовки ровницы к прядению // Вестник КГТУ. – 2014. – №2. – С. 74-76.

## **ДЕКОРИРОВАНИЕ ТКАНЕЙ ПЛАСТИЗОЛЕВЫМИ КРАСКАМИ И ПИГМЕНТАМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО НАГРЕВА ДЛЯ ИХ ЗАКРЕПЛЕНИЯ НА ВОЛОКНЕ**

*Циркина О.Г.*

**Ивановский государственный политехнический университет, Россия**

Пигменты и пластизольные краски широко используются для художественного оформления тканей или готовых изделий методом печати. При этом возможно получить яркие и насыщенные цвета, а при использовании красок на основе пластизолов – и различные декоративные эффекты: объемность, пористость, глянец.

Пигменты применяют при печатании текстильных материалов из всех видов волокон и смесей, поскольку их закрепление на ткани происходит не за счёт межмолекулярных и химических связей, а посредством связующего вещества. Этот факт является одним из основных достоинств пигментной печати. Пигментная печать широко используется для художественного оформления швейных изделий. Пластизольные краски вырабатываются на основе поливинилхлоридной смолы (ПВХ). ПВХ-пластизоли представляют собой концентрированные дисперсии полимеров в пластификаторе, которые готовятся чаще всего на основе эмульсионного ПВХ. В качестве пластификаторов широко используются эфиры ароматических (фталаты: ДОФ, ДБФ, ДАФ) и алифатических (себацинаты: ДОС и адипинаты: ДОО) карбоновых кислот, эфиры фосфорной кислоты (фосфаты: ДАФФ, ТКФ), эпоксицианированные соединения и растительные масла. На практике с целью регулирования технологических и эксплуатационных свойств часто используют смеси пластификаторов различной природы и совместимости [1].

После нанесения на ткань пигментного печатного состава или пластизольной краски материал подвергают нагреванию для осуществления процессов пленко- и сеткообразования или желирования. Желирование пластизоля включает в себя набухание частиц ПВХ в пластификаторе при

повышенной температуре, коалесценцию (слияние) набухших частиц с образованием относительно однородного концентрированного раствора, его последующее застуднение и превращение в однородный пластифицированный материал. В силу специфики указанных классов красителей и особенностей их фиксации на материале для их закрепления применяются только термические камеры, в которых обработка происходит при температуре от 140 до 220<sup>0</sup>С в течение 2-5 мин. Недостатками такой технологии являются большие энергозатраты и значительные габариты оборудования.

На сегодняшний день наиболее перспективным способом тепловой обработки изделий из натуральных и синтетических волокон является диэлектрический нагрев, отличающийся высокими скоростями, равномерностью тепловыделения, полным отсутствием теплоносителя, поскольку тепло генерируется внутри самого материала под воздействием внешнего электромагнитного поля высокой (ВЧ) или сверхвысокой (СВЧ) частот.

Цель настоящей работы заключается в выявлении возможности замены стадии высокотемпературной обработки материалов в среде горячего воздуха высокочастотным (диэлектрическим) нагревом при фиксации пигментных и пластизольных красок на тканях или текстильных изделиях.

В представленной работе для декорирования текстильных изделий использовались печатные композиции различного состава на основе пигментов, ПВХ и пластификаторов. Печатные составы наносились на подготовленные к колорированию хлопчатобумажные, полиэфирные и смешанные ткани. Обработка напечатанных тканей в поле токов высокой частоты (ТВЧ) проводилась на лабораторной установке, в которой для варьирования параметров воздействия на материал внешнего электрического поля применялись аппликаторы различной конструкции [2]. При этом создавалась возможность обрабатывать материал в непрерывном режиме.

Технология печатания ткани с использованием диэлектрического нагрева включала стадии нанесения печатного рисунка и последующей ВЧ-обработки материала в течение 6-18 с при различной напряженности поля (150 до 250 В/мм). В сравнении с традиционной, данная технология отличается малой операционностью, так как отпадает необходимость высушивания материала перед операцией фиксации красителя.

В ходе исследования выявлено, что степень фиксации пигмента и устойчивость получаемой окраски к стирке, не уступают по качеству образцам, полученным по традиционной технологии. Помимо этого, гриф тканей, обработанных в ВЧ-поле, намного мягче нежели после традиционной термофиксации в среде горячего воздуха. Улучшение грифа ткани после ВЧ - обработки можно объяснить сбалансированным и мягким протеканием процессов пленко- и сеткообразования за счет равномерного тепловыделения во всем объеме полимера, помещенного в поле ТВЧ. Традиционная же тепловая обработка, основанная на конвективном подводе тепла,

неизбежно приводит к перегреву верхних слоев полимерной пленки, что придает полимеру дополнительную жесткость.

При печати текстильных материалов составами на основе поливинилхлорида выявлено, что прочностные свойства (прочность при растяжении и относительное удлинение при разрыве) получаемого декоративного покрытия во всех случаях превосходят аналогичные показатели для материалов, обработанных по классической технологии. Также выявлено, что в результате ВЧ-обработки возрастает мягкость ткани и устойчивость рисунка к стиранию.

Таким образом, в представленной работе апробирован ВЧ-способ закрепления на тканях пигментных и пластизольных красок, который заключается в последовательном проведении следующих операций:

- нанесение на поверхность ткани вручную, трафаретной печатью или через сетчатые шаблоны пигментной или пластизольной краски;

- обработка ткани в поле ТВЧ в течение 12-18 с в зависимости от толщины наносимого слоя печатной краски при частоте поля 40, 68 МГц. При этом одновременно происходят процессы сушки, пленко- и сеткообразования (для пигментов) и отверждения (для ПВХ-пластизоля) с одновременным их закреплением на поверхности текстильного материала.

Сопоставление полученных результатов выявило преимущества ВЧ-способа декорирования текстильных материалов при использовании пигментов и пластизольных красок перед традиционной термофиксацией. Преимущества предлагаемого способа заключаются в следующем: технологический цикл является малооперационным, поскольку предполагает совмещение сушки напечатанной ткани и фиксации красителя на одной стадии; продолжительность высокочастотной обработки составляет 12-18 с, в то время как традиционная технология предусматривает более длительную тепловую обработку; использование высокочастотного нагрева позволяет получать напечатанные ткани с высокими качественными показателями окраски.

#### Литература

1. Андрианова Г.П., Полякова К.А., Матвеев Ю.С. Технология переработки пластических масс и эластомеров в производстве полимерных пленочных материалов и искусственной кожи: в 2 частях. Изд-во Колос. Ч.1. – 2008. – 367с.

2. Циркина О.Г., Никифоров А.Л., Мельников Б.Н., Кулыгин Ю.Н. Особенности конструкции ВЧ-аппликаторов для непрерывной обработки расправленных текстильных материалов и возможность оптимизации режимов их работы // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2006. – № 2. – С.58 – 61.

# ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННОЙ ОКРАШЕННОЙ МЕХОВОЙ ОВЧИНЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДИФИЦИРОВАННЫХ КРАСИТЕЛЕЙ

*Гайнутдинов Р.Ф.*

Казанский национальный исследовательский технологический университет,  
Россия

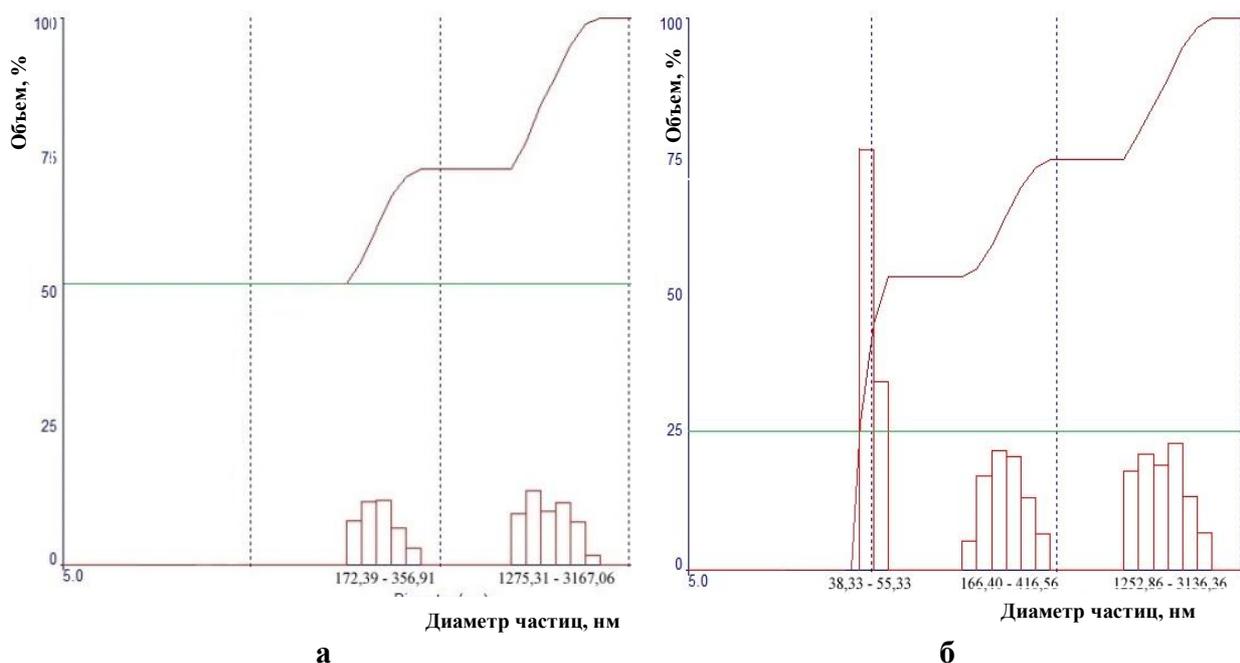
В условиях современного рынка ассортимент применяемых красителей для крашения меховых изделий неизменно пополняется. Однако их широкое применение сдерживается тем, что многие красители для меховой овчины не могут обеспечить интенсивность крашения, так как основная масса несвязанного красителя, оседает на волосяном покрове, а после промывки остается в ваннах. Кроме того, имеющийся ассортимент красителей для меха является непригодным в процессе технологического процесса крашения меховой овчины, так как интенсивнее всего окрашиваются кончики волосяного покрова, чем корни, что в итоге влияет на внешний вид, физическую долговечность, эксплуатационные и эстетические свойства готовых меховых изделий.

Как показывает анализ научной и патентной литературы [1-4], в последние годы во всем мире данные разработки являются приоритетными и непосредственно связаны с созданием нового вида красителя, обладающего многофункциональностью и насыщенностью как на поверхности кожной ткани, так и в объеме волоса.

В последнее время для повышения качества материалов различной физической природы нашли широкое применение электрофизические методы воздействия, в том числе обработка с помощью неравновесной низкотемпературной плазмы (ННТП). Преимуществом этого метода модификации материалов является возможности щадящей обработки термостойких материалов, воздействия на внутреннюю структуру пористых материалов, одновременного улучшения нескольких свойств материалов.

Технология производства высококачественной окрашенной меховой овчины должна удовлетворять многим требованиям противоречащим друг другу: улучшить равномерность и глубину окрашивания полуфабриката при одновременном повышении физико-механических, эстетических и эксплуатационных свойств окрашенной меховой овчины, и сокращении расхода дорогостоящих красителей. Возможности повышения качества мехового полуфабриката традиционными методами обработки практически исчерпаны. В связи с изложенным актуальным является разработка новых технологий с применением электрофизических методов модификации, позволяющих улучшить качество как красителей, так и мехового полуфабриката.

Одним из основных свойств красителей в процессах крашения мехового полуфабриката является их дисперсность. Сравнительный анализ экспериментальных исследований фракционного состава красителей, проведенных ситовым методом по распределению частиц показал, что после плазменной модификации кислотный краситель проходит равномерно через весь набор сит дисперсной системы (размером от 500 до 40 мкм) и непросеянных частиц остается 1%. После плазменной модификации металлокомплексного красителя происходит также его диспергирование, однако непросеянных частиц красителя остается 34% (рис. 1).



**Рис. 1. Размерное распределение частиц кислотных красителей а -контрольный краситель (Dэфф=607,6нм); б -плазмомодифицированный краситель (Dэфф=551,8нм)**

Из рис.1а видно, что в дисперсной системе контрольного красителя в основном содержатся изолированные частицы, эффективный размер которых составляет 607,6нм. Однако наряду с ними в суспензии также присутствуют частицы более крупных размеров, которым отвечает максимумы на мультимодальной кривой распределения с размерами частиц от 1275,31 до 3167,06 нм, которые составляют от 2 до 10% соответственно.

На основании анализа рис.1б установлено смещение пиков мультимодальности в сторону меньших размеров частиц. В дисперсной системе содержатся до 75% изолированных наночастиц с размерами 38,33-55,33нм. Эффективный диаметр частиц составляет 551,8 нм. Наряду с ними в суспензии также присутствуют частицы более крупных размеров, диаметром 166,40 – 416,56нм и 1252,86 – 3136,36нм. У кислотного красителя, обработанного ННТП, гранулометрический размер частиц натриевых солей уменьшается, происходит рассредоточение частиц красителей,

что обеспечивает активацию процесса диффузии и фиксации кислотного красителя в кератин волоса.

Определение концентрации красителей в растворе осуществляли колориметрическим методом сравнения с помощью фотоэлектроколориметра оптической плотности КФК-2. Оптическую плотность красителя определяли в разбавленных растворах с концентрацией от 0,3 до 1,0 г/дм<sup>3</sup>. Установлено, что оптическая плотность наиболее концентрированного раствора (при  $C=1,0\text{г/дм}^3$ ) равняется 0,6-1,0. Аналогичные измерения проводили спустя неделю для проверки стабильности калибровочного графика во времени (от 1 до 7 дней).

Экспериментально установлено, что плазменная модификация красителей и мехового сырья за счет воздействия ННТП повышает реакционную способность волоса, что приводит к увеличению выбираемости кислотного красителя до 95 % и сокращению продолжительности до 30 мин, и позволяет получить полуфабрикат меховой овчины с равномерной, насыщенной окраской волосяного покрова.

Таким образом, исследование влияния плазмомодифицированных красителей на светостойкость окраски мехового полуфабриката показало, что при плазменной модификации мехового полуфабриката выявлено повышение данного показателя на 23%. После плазменного модифицирования красителей коэффициент светоотражения от поверхности меха снижается от 30 до 80%, что свидетельствует о повышении насыщенности цветового тона волосяного покрова меховой овчины.

## Литература

1. Пат. 2215790 РФ, МПК С14С11/00. Способ выработки кож / К.П. Яковлев, В.Г. Богомолов, М.В. Баядин, Д.В. Данилин, Н.И. Некрасова, Н.Н. Быковская, А.Г. Григорьянс, И.Н. Шиганов, А.В. Богданов. – Патентообладатель: Мин-во пром-ти и торговли РФ; заявл. 18.10.2010; опубл. 10.04.2012.

2. *Bhattacharya S.D.* Metalion effect of dyeing of wool fabric with Catechu / *S.D. Bhattacharya, A.K. Shah* // *The Society of dyers and colourists*. - January 2000. - Vol. 116. -pages 1-40.

3. Мировой рынок красителей для полимеров [http://www.new-chemistry.ru/letter.php?n\\_id=1684](http://www.new-chemistry.ru/letter.php?n_id=1684). - Режим доступа свободный.

4. Clariant - это Ваша химия, 2010.-<http://tehis-ltd.ru/cla.html>. - Режим доступа свободный.

5. *Лантев Н.Г., Богословский Б.М.* Химия красителей. – М.: Химия, 1970. – 423 с.

6. *Степанов Б.И.* Введение в химию и технологию органических красителей. – М.: Химия, 1977. – 592 с.

7. ГОСТ 30439-96 Ситовой анализ. – Введ. 01.01.1998. – М.: ИПК: Изд-во стандартов, 1999. – 4 с.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ СВОЙСТВ КРАСИЛЬНЫХ СИСТЕМ И ПОРИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ УЛЬТРАЗВУКА\***

*Шибашова С.Ю.*

**Ивановский государственный химико-технологический университет, Россия**

Отличительной особенностью крашения любых текстильных материалов как физико-химического гетерогенного процесса является то, что крашение протекает с участием твердой фазы в виде волокнистого материала. Наличие твердой фазы вносит определенную специфику в протекание химических взаимодействий и диффузионных процессов в красильной системе.

В работе было изучено влияние ультразвука на состояние красителя на водном растворе. Растворы красителей (желтый, оранжевый, бордо, фиолетовый) обрабатывали ультразвуком с частотой 40 кГц в течение 30 минут. Для сравнения растворы этих же красителей термостатировали в течение 30 минут при температуре 80-85<sup>0</sup>С. Оптическую плотность красителей определяли на приборе КФК-2ПМ [1].

Выявлено, что после обработки растворов красителей ультразвуком оптическая плотность растворов несколько отличается от оптической плотности растворов красителей без обработки. Полученные результаты, по-видимому, можно объяснить изменением степени дисперсности красителя после воздействия ультразвука [2].

Одним из факторов, влияющих на окрашиваемость ткани, является диффузия красителя и накопление его на волокне. В работе было изучено влияние ультразвука на выбираемость красителя хлопчатобумажной тканью в процессе крашения. Растворы красителей с помещенными в них образцами ткани обрабатывались в течение 30 минут ультразвуком с частотой 40 кГц. В течение этого времени растворы красителей нагревали за счет воздействия ультразвука с 20 до 80<sup>0</sup>С, так как жидкость в поле ультразвуковых волн нагревается вследствие поглощения акустической энергии, которая частично трансформируется в тепловую. Для сравнения приведены данные по выбираемости красителя хлопчатобумажной тканью при термостатировании в течение 30 минут при температуре 80-90<sup>0</sup>С. Полученные результаты показали, что при обработке ультразвуком растворов красителей (желтого, оранжевого) в процессе крашения ткани оптическая плотность красильных растворов снижается быстрее, за счет повышения

---

\* Работа выполнена в соответствии с Государственным заданием Министерства образования и науки РФ.

скорости выбора красителя волокном. Увеличение скорости выбираемости красителя волокном происходит вследствие того, что ультразвуковые волны диспергируют краситель до сверхтонкого состояния при одновременном воздействии на ткань, заставляя пульсировать капиллярные полости и тем самым способствуя продавливанию красильной дисперсии в пористую систему природного полимера [3].

Полученные данные по выбираемости красителя из раствора подтверждают результаты по окрашиваемости хлопчатобумажной ткани. Найдено, что крашение по традиционной технологии K/S для желтого, оранжевого, бордо, фиолетового красителя составляет 124; 61,5; 124; 40,7 соответственно. При крашении с использованием ультразвука результаты K/S увеличиваются до 165,7; 99,0; 140; 99,0.

Проведенные испытания на устойчивость окрасок к сухому и мокрому трению, полученных ультразвуковым способом крашения тканей, показали отличные результаты.

Таким образом, в результате систематических исследований проведен выбор наиболее эффективного способа крашения природных и синтетических полимеров, разработана технология ультразвукового крашения и выполнена ее апробация на хлопчатобумажных и смешанных тканях.

#### Литература

1. *Новицкий Б.Г.* Применение акустических колебаний в химико-технологических процессах (Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии). – М.: Химия, 1983. – 192 с.
2. *Кардашев Г.А.* Физические методы интенсификации процессов химической технологии. – М.: Химия, 1990. – 208 с.
3. *Прохоренко П.П., Дежкунов Н.В., Коновалов Г.Е.* Ультразвуковой капиллярный эффект. Минск: Наука и техника, 1981. – 135 с.

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ЗАМЕДЛИТЕЛЕЙ ГОРЕНИЯ НА СНИЖЕНИЕ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ПОЛИМЕТИЛМЕТАКРИЛАТА**

*Мухамедьярова А.К., Середина М.А.*

Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

Рост производства и потребления многих полимерных материалов в различных областях техники несколько сдерживается из-за ряда серьезных недостатков, в частности, из-за их повышенной пожароопасности. В современных рекламных технологиях, в строительстве, автомобилестроении и многих других областях находят широкое применение изделия на основе полиметилметакрилата (ПММА).

Полиметилметакрилат является пожароопасным материалом: его кислородный индекс составляет 17,5%, легко воспламеняется, горит ярким пламенем с выделением CO, CO<sub>2</sub> и с образованием мономера.

Для полиметилметакрилата наиболее распространенным и эффективным способом снижения горючести является применение антипиренов. Весьма эффективным методом снижения горючести ПММА является использование антипиренов, оказывающих влияние на процессы структурирования полимера при воздействии на него повышенных температур. Применение соединений, катализирующих пиролитические процессы, способствующие коксообразованию, также обеспечивает снижение загрязнения окружающей среды.

Для получения полиметилметакрилата пониженной горючести были использованы оксиды и гидроксиды металлов, фосфор- и азотсодержащие замедлители горения (ЗГ).

ПММА получали методом цепной радикальной полимеризации метилметакрилата в блоке, определяли молекулярную массу и температуру плавления полученных образцов. Установлено влияние молекулярной массы на температуру плавления и на выход карбонизованного остатка (КО) термолиза полимера (табл. 1). С увеличением молекулярной массы полимера возрастает его температура плавления и выход КО термолиза.

Таблица 1

Влияние параметров синтеза на физико-химические свойства ПММА

ПММА	продолжительность полимеризации, ч	концентрация инициатора, %	М.М, г/моль	T <sub>пл</sub> , °С	КО, %
Образец №1	6	1	39824	181	2,0
Образец №2	6	0,5	79753	192	2,5
Образец №3	4	0,5	113417	198	2,5
Образец №4	3	0,25	184779	209	2,7
Образец №5	3	0,25	198600	217	2,8

При температуре 374<sup>0</sup>С ПММА полностью газифицируется, а в наших исследованиях при температуре 360<sup>0</sup>С остается небольшой карбонизованный остаток, который зависит от молекулярной массы полимера.

Огнезащитные свойства полимерных материалов, модифицированных ЗГ, определяются величиной образующегося карбонизованного остатка в процессе термолиза.

С этой целью готовили полимерные композиции путем механического смешивания полимера с замедлителем горения, взятым в количестве от 20 до 40% от массы полимера. Термолиз проводили при температуре 360±3<sup>0</sup>С в течение 30 мин. и по результатам эксперимента рассчитывали КО термолиза ПММА, содержащего ЗГ. Для определения фактического углеродсодержащего остатка термолиза (Δ КО) определяли зольность ЗГ и

полимерной композиции, содержащего ЗГ, путем прокаливания КО термолиза при температуре  $800 \pm 50^{\circ}\text{C}$  в течение 30 мин.

Наиболее высокие значения зольности наблюдаются у оксидов металлов –  $\text{SnO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$ . Это объясняется тем, что оксиды металлов являются тугоплавкими соединениями и полностью сохраняются при термолизе.

Исследовано влияние содержания гидроксидов металлов в композиции на выход КО и  $\Delta\text{КО}$  термолиза ПММА. Все гидроксиды металлов под действием высоких температур разлагаются на оксиды металлов и воду. В присутствии тригидрата оксида алюминия снижается скорость деструкции полимеров за счет эндотермической дегидратации  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , в результате чего снижается температура конденсированной фазы. Кроме того, происходит разбавление газообразных продуктов деструкции полимера парами воды (тригидрат оксида алюминия содержит около 35% воды) и заметно снижается образование дыма из полимерного материала. Гидроксид магния разлагается при температуре  $330^{\circ}\text{C}$ , твердым продуктом разложения является  $\text{MgO}$ , при этом выделяется 30% воды. Температура разложения гидроксида магния максимально точно соответствует температуре пиролиза ПММА.

По сравнению с гидроксидами магния и алюминия гидроксид циркония содержит больше воды, и его молекулярная масса больше молекулярной массы  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  и  $\text{Al}(\text{OH})_3$ . Это обуславливает его высокие показатели при термолизе ПММА,  $\Delta\text{КО}$  которого составляет 34,3%.

Исследование влияния фосфоразотсодержащих соединений на процесс термолиза ПММА показало, что эффективными ЗГ являются антипирен Т-2 и полифосфат аммония (ПФА).  $\Delta\text{КО}$  при термолизе ПММА, содержащего 40% ЗГ, составляет соответственно 22,5% и 25,4%.

Методом кислородного индекса (КИ) определяли огнезащитные показатели полимерных композиций, содержащих различные типы ЗГ (табл.2).

Таблица 2

Огнезащитные показатели полимерных композиций, содержащих ЗГ

Содержание ЗГ, %		$\Delta\text{КО},\%$	КИ, %
Исходный ПММА		-	17,7
$\text{Mg}(\text{OH})_2$	20	16,0	18,2
	40	24,1	18,4
$\text{Al}(\text{OH})_3$	20	14,9	18,2
	40	19,4	19,9
$\text{Zr}(\text{OH})_4$	20	20,1	18,7
	40	34,3	18,9
ПФА	20	17,8	20,3
	40	25,4	21,4
Т-2	20	-	17,7
	40	21,6	18,4

Как видно из табл. 2, КИ полимерных композиций зависит от химического состава ЗГ. Наиболее эффективными ЗГ для ПММА являются

Al(OH)<sub>3</sub> и ПФА. КИ полимерных композиций, содержащих эти ЗГ, составляют соответственно 19,9% и 21,4%.

Наиболее эффективным ЗГ для ПММА является ПФА, выпуск которого в настоящее время освоен в промышленном масштабе.

При терморазложении ПФА первая стадия длится до температуры 260<sup>0</sup>С. Характерными особенностями ее являются: а) начало выделения газообразных продуктов (аммиака и воды) при 100<sup>0</sup>С, максимальная скорость выделения достигается при температуре примерно 230-240<sup>0</sup>С; б) потеря массы при 260<sup>0</sup>С не превышает 5%; в) к завершению стадии первоначальный порошкообразный продукт спекается и после охлаждения до нормальной температуры представляет собой стеклообразную и гигроскопичную массу. Выход из массы летучих продуктов (аммиака и воды) свидетельствует об образовании свободных кислых гидроксильных групп, которые конденсируются, дегидратируются, образуя сшитые ультрафосфаты.

Вторая стадия имеет место в интервале 260-370<sup>0</sup>С. Здесь в дополнение к газообразным продуктам формируются циклические структуры, а общая потеря массы достигает примерно 20%.

На третьей стадии (при температуре выше 370<sup>0</sup>С) скорость выделения газов становится очень низкой, но при этом имеет место резкое повышение скорости потери массы.

Определение пожароопасных свойств полимерных композиций методом кислородного индекса показало, что максимальное значение достигается при введении полифосфата аммония в ПММА, и составляет 21,4%. Более высокий эффект огнезащитного действия ПФА для ПММА объясняется тем, что температурный интервал термораспада ПФА совпадает с интервалом термического разложения полимера. Образующиеся циклические и сшитые структуры терморазложения ПФА способствуют повышению выхода КО термолита и обеспечивают более высокие огнезащитные показатели ПММА.

## **ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СПЕЦОДЕЖДЫ**

*Хамматова В.В., Федорова Т.А.*

Казанский национальный исследовательский технологический университет,  
Россия

Основные тенденции развития экономических отношений и жесткая конкуренция на мировом рынке требуют повышения качества текстильных материалов для защитных швейных изделий специального назначения. Выполнение этих требований невозможно без совершенствования производственных процессов или внедрения наукоемких, прогрессивных

технологий. Актуальность производства высококачественных изделий специального назначения в настоящее время не вызывает сомнений. Это обусловлено тем, что использование изделий в экстремальных условиях внешней среды требует обеспечения высокого уровня защиты в течение всего срока эксплуатации.

Для изготовления защитных швейных изделий специального назначения используют в основном материал с полимерным пленочным покрытием, на основе различных видов специальных отделок: масловодоотталкивающих, маслобензостойких, противогнилостных, водоупорных, защищающие от производственных загрязнений и механических повреждений, от кислот и щелочей и др. Как правило, ткани для специальной одежды с полимерным пленочным покрытием используются очень плотные и малоэластичные [1,2].

Известные методы химического и физического наноструктурирования текстильных материалов, потребуют усложнения технологии их получения, что приведет к увеличению времени технологических процессов, повышению расхода химических веществ, и, как правило, в условиях промышленных производств, приводят к сложным экологическим проблемам. Данными методами, текстильным материалам для специальной одежды могут придаваться такие свойства, как водо- и маслостойкость, пониженная горючесть, противозагрязняемость, мягкость, антистатический и антибактериальный эффекты, термостойкость, формоустойчивость и др.

Специальная одежда из «инновационных» тканей должна поддерживать требуемую температуру в пододежном пространстве, нейтрализовать химические отравляющие вещества, обладать гигиеническими свойствами. Экипировка рабочего должна при этом оставаться легкой, не стесняющей движений. Реализовать подобный инновационный текстильный материал возможно в связи с разработкой наукоемких технологий в текстильное производство.

На сегодняшний день достаточно широко применяются различные типы плазменной технологии модификации текстильных материалов. Так, сотрудниками Ивановской государственной текстильной академии установлено, что с помощью плазмы атмосферного давления в растворах электролитов осуществляется физико-химическое воздействие на поверхность полипропиленовой нити (ПП), при этом происходит ее упрочнение с 34 сН/текс до 39 сН/текс [3]. Это же направление модификации ПП нити сравнивается с обработкой плазмой тлеющего разряда, установлено, что плазмохимическая модификация волокна в растворе электролита является более мягкой, приводящей к переходу аморфной фазы ПП в  $\alpha$ -кристаллическую [4]. В работе Петрова С.В. показано, что многокомпонентная химически активная плазма продуктов сгорания углеводородного газа с воздухом с уникальными транспортными и теплофизическими свойствами служит для на-

пыления покрытий и обработки поверхности материалов специального назначения [5].

Ведущую роль в комплексном улучшении свойств могут сыграть нанотехнологии, на основе применения низкотемпературной плазмы ВЧЕ разряда. Плазма ВЧЕ разряда обладает следующими преимуществами: эффективно и устойчиво изменяет поверхностные свойства образца, не ухудшает объемных (в том числе физико-механических) характеристик, не нагревает материал до температуры выше 50°C. Эффект модификации текстильных материалов с помощью потока плазмы ВЧЕ разряда пониженного давления зависит от природы плазмообразующего газа. В зависимости от состава газа, давления, длительности и напряжения разряда, природы материала можно менять следующие свойства: смачиваемость, относительную молекулярную массу, химический состав, микрошероховатость, устойчивость к усадке натуральных и синтетических волокон, дезинфицируемость и др.

Изменяя параметры разряда и вид плазмообразующего газа можно управлять составом химически активных частиц и, следовательно, характером воздействия ВЧЕ разряда на материал, используемый для производства швейного изделия специального назначения.

Объемная обработка технических материалов из натуральных волокон осуществлялась при варьировании входных параметров плазменной установки, к которым относятся: мощность разряда ( $P_p$ )=0,2 - 2,0 кВт, расход плазмообразующего газа ( $G$ ) от 0 до 0,08 г/с, давление в вакуумной камере ( $P$ ) от 30 до 133 Па и время обработки ( $\tau$ ) от 60 до 900с, частота генератора ( $f$ ) 13,56 МГц, мощность, потребляемая установкой ( $P_{\text{потр.}}$ ) от 1,0 до 5,0 кВт.

Текстильные материалы, обработанные потоком плазмы ВЧЕ разряда пониженного давления становятся малоусадочными, имеют пониженную горючесть, повышенную прочность на разрыв и истирание и в зависимости от природы вводимых наночастиц в виде наноэмульсий и нанодисперсий могут приобретать дополнительные защитные свойства, требующиеся человеку.

Ничтожно малый размер частиц, формирующих материал, резко меняет его структуру, увеличивает внутреннюю поверхность, приводя к появлению новых свойств. Внутренняя структура, сформированная из наночастиц, придает материалам очень высокую прочность и совершенно новые свойства, отсутствующие при получении материала по традиционной технологии.

Наиболее известной нанотехнологией заключительной отделки является отделка Teflon, обеспечивающая водо-, масло-, грязезащитные эффекты. Для ее реализации дополнительно к плазменной обработке текстильных материалов используют наноэмульсии фторуглеродных полимеров. Располагаясь на внешней поверхности каждого отдельного волокна, эти

гидрофобные наночастицы образуют новую поверхность, то есть своеобразный «зонтик».

В отличие от традиционных технологий аналогичного назначения, наночастицы, придавая требуемые эффекты, не перекрывают капиллярно-пористую структуру волокнистого материала, он остается «дышащим», поскольку его микропоры остаются открытыми для воздухообмена. Придаваемые эффекты устойчивы к многократным стиркам. Отделка по нанотехнологиям придает техническим текстильным материалам малосминаемость и формоустойчивый внешний вид.

### Литература

1. ГОСТ Р ЕН 340-2010 Система стандартов безопасности труда. Одежда специальная защитная. Общие технические требования. М. ФГУП «Стандартинформ» 2011. – 20 с.

2. *Пустыльник Я.И.* Безопасность для каждого рабочего дня // Рабочая одежда. – 2007. – № 4 (39). – С. 6-7.

3. *Жердев В.П., Пророкова Н.П., Вавилова С.Ю., Кузьмин С.М.* Оценка эффективности способов физико-химической модификации поверхности синтетического волокна по электрооптическим эффектам в мезофазе // Известия Вузов. Химия и химическая технология. – 2007. – Т. 50. – Вып.3. – С. 113-117.

4. *Голубчиков О.А., Горнухина О.В., Агеева Т.А. и др.* Влияние плазмоактивации на поверхностную структуру и прочностные характеристики полипропиленовой пленки // Пластические массы. – 2006. – № 12. – С. 7-9.

5. *Петров С.В.* Плазма продуктов сгорания в инженерии поверхности. – Киев, 2000. – 108 с.

## **ПОЛУЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫХ ЛАТЕКСОВ ДЛЯ МОДИФИКАЦИИ ХИМИЧЕСКИХ ВОЛОКОН**

***Редина Л.В., Куськина В.А., Гореславец Е.Ю., Колоколкина Н.В.***  
Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

Для модификации химических волокон с целью придания им масло-, водоотталкивающих свойств широко применяются фторсодержащие модификаторы, среди которых наиболее эффективными являются латексы полифторалкилакрилатов (ПФАА). Принцип действия ПФАА заключается в направленной ориентации фторалкильных групп от поверхности волокна и создании, благодаря этому, поверхности с низкой поверхностной энергией, которая не смачивается водой, маслами и другими жидкостями, т.е. приобретает водо-, маслоотталкивающие или антиадгезионные свойства.

В последние годы все большее внимание уделяется экологической безопасности фторированных соединений. Крупные мировые производители, такие как Adidas, C&A, H&M, Li Ning, Nike и Puma, принимают «дорожные карты» о замене препаратов, содержащих фторалкильный радикал с восемью фторированными атомами углерода - C<sub>8</sub>, на продукты с C<sub>6</sub>-C<sub>4</sub>. Анализ литературных источников также показал, что все большее число публикаций посвящено использованию для модифицирования волокнистых материалов препаратов с более коротким фторалкильным радикалом. Основной причиной этой проблемы, по мнению авторов многих работ, является возможность разложения таких продуктов с образованием перфтороктановой кислоты (ПФОК). Изучению экологической опасности ПФОК и ее солей посвящено небольшое количество работ. Установлено, что они являются биологически неразлагаемыми продуктами и наносят вред окружающей среде, а попадая через рыбу в организм человека, приводят к различным заболеваниям, вызывая мутации клеток и появление онкологических образований. Seriously озабочены этой проблемой в США и азиатских странах - Китае, Сингапуре, Вьетнаме. Однако пока не установлена ПДК для этого продукта, известен лишь ориентировочно-безопасный уровень воздействия – ОБУВ, значение которого составляет 0,4 ppm.

ПФОК и особенно ее соли применяются в качестве ПАВ при синтезе методом эмульсионной полимеризации политетрафторэтилена (ПТФЭ) – одного из популярных в настоящее время продуктов. Образующаяся в процессе синтеза водная дисперсия ПТФЭ, для выделения готового продукта, разрушается с помощью электролитов, и выделившийся полимер отделяется от водной среды, содержащей ПАВ. Процесс коагуляции фторполимеров, полученных в присутствии фторсодержащих ПАВ, сопровождается значительной десорбцией эмульгатора, и очень большая часть его вымывается. Таким образом, более 80% используемых фторсодержащих эмульгаторов попадают в сточные воды.

С целью получения экологически безопасного фторсодержащего полимера для модификации химических волокон в данной работе были использованы соединения, в которых длина фторалкильного радикала менее C<sub>8</sub>. Синтез полимера осуществляли методом эмульсионной полимеризации. В качестве мономера использовали 2-перфторпентокситетрафторпропилакрилат (ПФП), а в качестве эмульгаторов – два анионоактивных фторсодержащих ПАВ: перфтор(2-метил-3-оксакаприловая)кислота моноэтаноламид (ФПАВ-1) и калий перфтор(4-метил-3,6-диокса-октан) сульфонат (ФПАВ-2). Эти соединения разработаны и получены в ЗАО НПО «ПиМ-Инвест».

При изучении концентрационной зависимости поверхностного натяжения было установлено, что критическая концентрация мицеллообразования (ККМ) для ФПАВ-1 составляет  $5,7 \cdot 10^{-3}$  моль/л, а для ФПАВ-2 равна  $4,8 \cdot 10^{-3}$  моль/л. Поверхностная активность, рассчитанная по ККМ, для

ФПАВ-1 равна 6,22 мДж·м/моль, а для ФПАВ-2 – 8,85 мДж·м/моль, т.е. ФПАВ-2 обладает в 1,4 раза более высокой поверхностной активностью, чем ФПАВ-1.

Количество ПАВ для эмульсионной полимеризации ПФП составило 8% от массы мономера или  $4,02 \cdot 10^{-2}$  моль/л (ФПАВ-1) и  $3,38 \cdot 10^{-2}$  моль/л (ФПАВ-2). Таким образом, область эмульсионной полимеризации находится за пределами ККМ обоих ФПАВ.

При изучении кинетики эмульсионной полимеризации установлено, что применение ФПАВ-1 приводит к снижению выхода полимера и практически полному отсутствию в системе поли-2-перфторпентокситетрафторпропилакрилата.

Синтез латексов с использованием ФПАВ-2 протекает с более высокой скоростью и 100% выходом полимера. Установлен порядок реакции по ФПАВ-2, который составляет 0,7063.

Для полученных латексов определяли коллоидно-химические свойства по традиционным методикам: средний радиус частиц - по зависимости оптической плотности от длины волны, поверхностное натяжение латексов - методом отрыва платинового кольца от поверхности жидкости, дзета-потенциал - методом макроэлектрофореза.

Изучение коллоидно-химических свойств латексов поли-ПФП, полученных в присутствии ФПАВ-2, показало, что при уменьшении содержания ПАВ в системе с 8 до 2 % значение поверхностного натяжения и дзета-потенциала латексов снижается, а средний радиус частиц наоборот увеличивается с 44 до 163 нм.

При исследовании эффективности применения синтезированных латексов для модифицирования волокнистых материалов установлено, что наиболее высокий уровень антиадгезионных свойств сообщает волокнистым материалам латекс поли-2-перфторпентокситетрафторпропилакрилата, полученный с использованием ФПАВ-2 в количестве 4% от массы мономера.

## **АНТИМИКРОБНАЯ АКТИВНОСТЬ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ, ОКРАШЕННЫХ КИСЛОТНЫМИ ДИС- И МОНОАЗОКРАСИТЕЛЯМИ**

*Хазанов Г.И., Апарушкина М.А.*

Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

Представленная работа является продолжением исследований, направленных на изучение особенностей строения препаратов и красителей для антимикробной отделки шерстяных текстильных материалов.

Нами изучалось влияние гидрофобных радикалов, входящих в систему сопряженных двойных связей молекул кислотных дис- и моноазокрасителей на биоцидные свойства окрашенных образцов.

Работа проводилась исходя из предположения об отсутствии диффузии биоцида из текстильного материала и качественной промывки образцов до и после крашения. Данное условие обеспечивается в случае устранения ряда факторов, искажающих реальное положение дел. К этим факторам следует отнести:

1. Наличие непосредственно на волокне загрязнений, являющихся питательной средой для микроорганизмов или проявляющих антимикробную активность. Подобные загрязнения устраняются в процессе промывки текстильного материала.

2. Наличие в составе красителей примесей с биоцидными свойствами. Они устраняются в процессе очистки химических соединений.

3. Использование легкосмываемых красителей, которые обладают низким сродством к волокну. Антимикробная активность подобных веществ тем выше, чем больше в их составе сульфогрупп. Она обусловлена десорбцией препарата с поверхности волокон.

4. Наличие красителей с высоким сродством к волокну, которые не проникают вглубь волокон. Например, гидролизованная форма активного красителя Красного Ж фунгицидного застревает в порах и сорбируется преимущественно на внешней поверхности волокон. Этот краситель проявляет биоцидные свойства за счет отщепления от поверхности текстильного материала. Полностью удалить его из волокон чрезвычайно сложно.

При проведении исследований учитывалось, что согласно литературным данным [1], гидрофобные радикалы способны ингибировать активность многих протеолитических ферментов микроорганизмов.

Эксперимент проводился на образцах чистошерстяной ткани, окрашенной кислотными красителями. Крашение осуществлялось по стандартной методике. Во всех случаях красители использовались в количестве 3% от массы ткани.

Антимикробная активность текстильного материала оценивалась по величине грибостойкости окрашенных образцов согласно ГОСТ 9.802-84.

Результаты эксперимента приведены в табл.1.

Таблица 1

Грибостойкость шерстяной ткани, окрашенной кислотными красителями

№ п/п	Наименование красителей	Грибостойкость, балл	
		крашение	пропитка
Моноазокрасители			
1	Прочно-кислотный фуксин В	4	0
2	Оранжевый Р	4	0
3	Кислотный оранжевый светопрочный	4	0
4	Кислотный ярко-оранжевый Ж	3	0

5	Кислотный алый	4	0
Дисазокрасители			
6	Кислотный сине-черный	4	0
7	Кислотный красный 2Ж	4	0
8	Красный для сукна В	4	0
9	Красный для сукна 2Р	4	0
10	Нафтиламиновый черный Д	3	0

Как следует из табл.1, шерстяная ткань, окрашенная кислотными моноазокрасителями, грибостойкости не проявляла. Грибостойкость также отсутствовала и у образцов, окрашенных кислотными дисазокрасителями. Таким образом, размеры молекул красителей не влияют на биостойкость окрашенных образцов. Гидрофобные радикалы, входящие в состав сопряженных двойных связей молекул красителей, не оказывают влияния на грибостойкость шерстяной ткани.

Полученные результаты до некоторой степени противоречат литературным данным [1], согласно которым ряд ферментов ингибируется химическими соединениями, содержащими в своем составе гидрофобные ароматические радикалы. Поэтому, образцы шерстяной ткани пропитывались 1%-ными растворами красителей, отжимались до 100%-ной остаточной влажности и сушились. Полученные таким образом образцы использовались для определения грибостойкости текстильного материала.

Как следует из табл.1, шерстяная ткань в результате пропитки приобретала грибостойкость 0 баллов. Следовательно, биостойкость шерстяной ткани зависит от способа нанесения препарата и характера его распределения на волокне.

На основании полученных результатов можно сделать следующие выводы:

1. Гидрофобные радикалы, входящие в систему сопряженных двойных связей в молекулах красителей, не оказывают влияния на грибостойкость окрашенных образцов.

2. Размеры молекул красителей не влияют на биостойкость окрашенного текстильного материала.

3. Для антимикробной отделки могут быть использованы кислотные красители в случае нанесения их на ткань путем пропитки.

#### Литература

1. Антонов В.К. Химия протеолиза. – М.: Наука, 1983.– 367 с.

# СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ АНТИПИРЕНОВ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ПОЖАРООПАСНОСТИ ПОКРЫТИЙ ИСКУССТВЕННЫХ КОЖ

*Черноусова Н.В.*

Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

Ежегодно пожары наносят экономике страны ущерб в сотни миллионов рублей. При сгорании полимерных материалов выделяется большое количество токсичных газов, пагубно действующих на человека и окружающую среду. Гибель людей при пожаре в половине случаев определяется именно отравлением токсичными продуктами горения полимеров.

Пожарная опасность полимерных материалов и изделий из них определяется следующими характеристиками: горючестью, дымовыделением при горении и воздействии пламени, огнестойкостью конструкции. В частности, одним из многослойных полимерных материалов, к которому предъявляется требование пониженной пожароопасности, является искусственная кожа (ИК), используемая для обивки мебели и салонов средств транспорта.

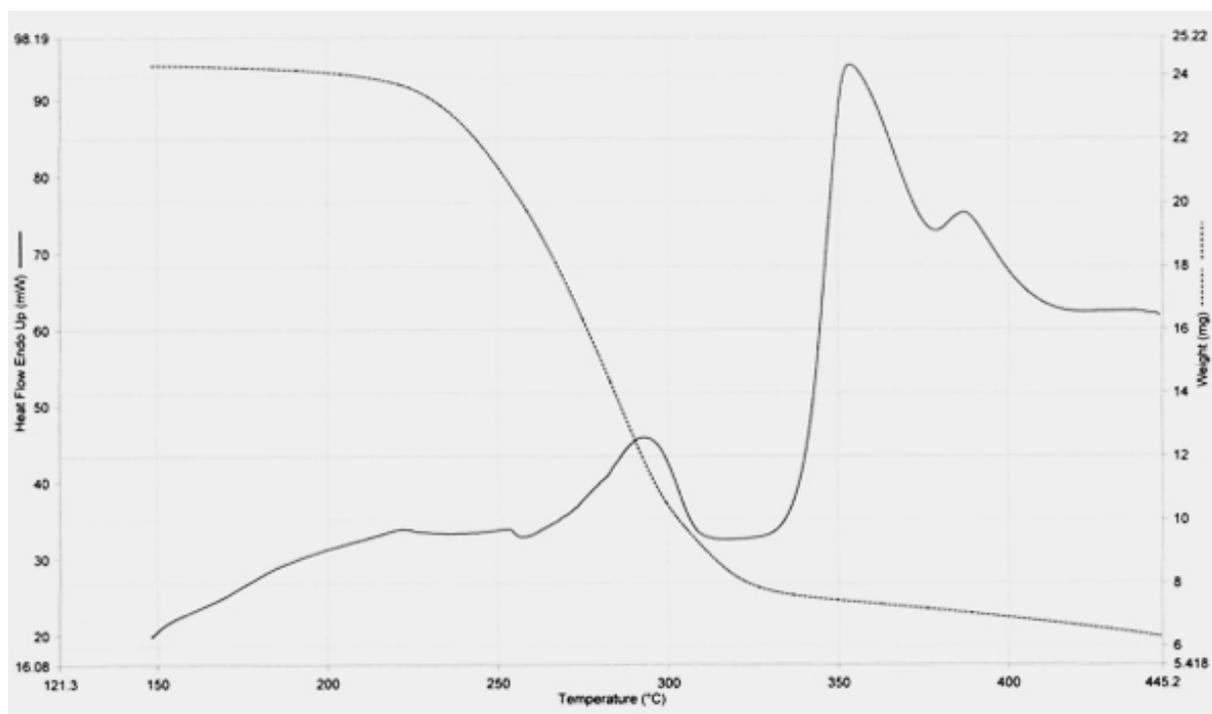
Следует отметить, что перечисленные выше характеристики пожарной опасности часто являются противоречивыми и улучшение одного из свойств может сопровождаться ухудшением других. Введение добавок, веществ, снижающих пожарную опасность полимерных материалов, обычно приводит к некоторому ухудшению физико-механических, диэлектрических и других эксплуатационных и технологических свойств, а, кроме того, повышению стоимости материала. Высокая концентрация добавок исключает возможность их применения в тонких полимерных слоях покрытий искусственных кож (ИК), в том числе поливинилхлоридных покрытий (ПВХ) [1]. По этой причине снижение пожарной опасности полимерных материалов является сложной задачей по оптимизации комплекса характеристик создаваемого материала.

К основным добавкам для снижения горючести полимерных материалов относятся галоген-, фосфор-, азотсодержащие антипирены, а также целый ряд неорганических солей окислов и гидроокисей. Главным их свойством является эффективность ингибирования газофазных процессов горения или твердофазное коксообразование, приводящее к формированию защитного карбонизованного слоя, который является прекрасным термодиффузионным барьером. Наряду с широко известными антипиренами в последнее время все чаще используются так называемые экологически-безопасные системы, снижающие горючесть полимеров. К ним относятся: полимерные нанокомпозиты на основе слоистых силикатов, прекурсоры керамики, низкоплавкие стекла, интумесцентные (вспучивающиеся) системы и органические коксообразователи [2].

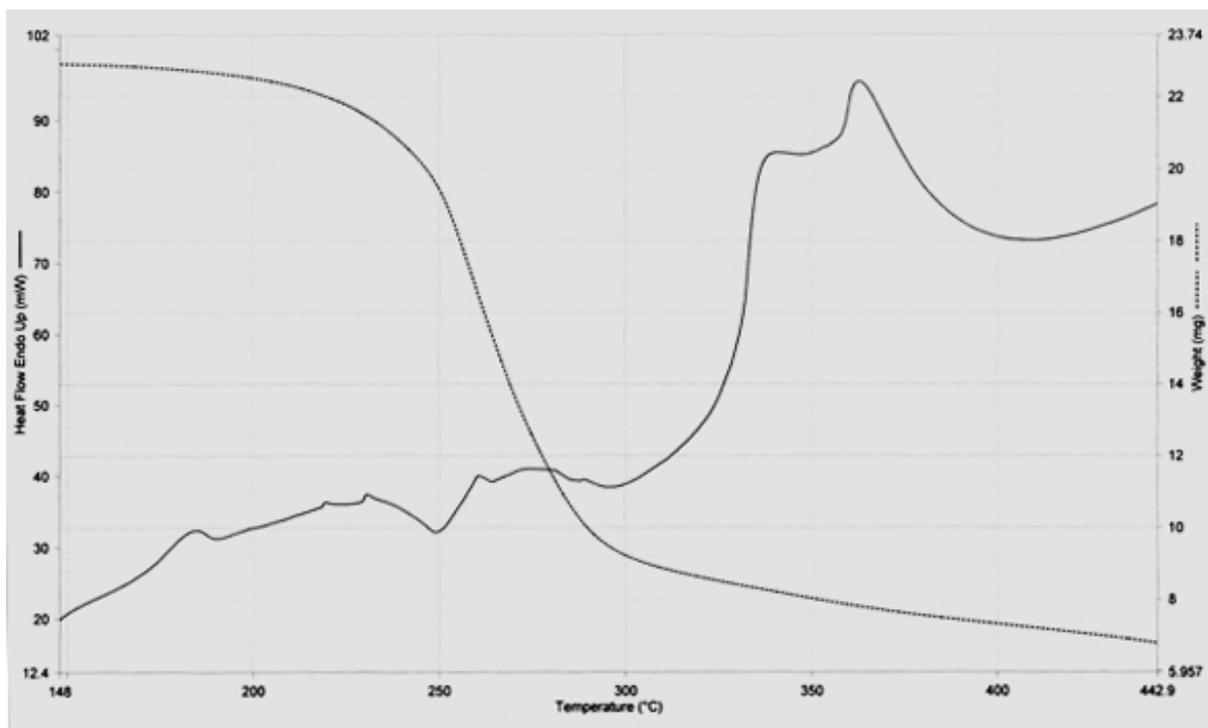
Интумесцентные системы вызывают образование керамикообразного защитного слоя (пенококса) на поверхности полимера за счет комбинации действующих веществ (фосфорорганика + вспениватель). Принцип действия пенококсовых слоев для огнезащиты полимера связан с теплоизолирующими и барьерными эффектами при массопереносе.

Целью данной работы являлось снижение пожароопасности ПВХ – покрытий искусственных кож путем введения интумесцентных добавок, таких как пентаэритрит (ПЭ), полифосфат аммония (ПФА), меланин (МА), а также мела, оксида титана и гидроксида алюминия (ГА) в ПВХ – покрытия. В качестве объектов исследования были выбраны композиции на основе ПВХ-Е и диоктилфталата (ДОФ), синергические системы ПЭ–ПФА–МА, МА–ПФА–ПЭ–мел, МА–ПФА–ПЭ–оксид титана, МА–ПФА–ПЭ–ГА вводили в количестве 10, 20 и 30 мас.ч. на 100 мас.ч. полимера. Для полученных образцов модифицированных пленок были определены характеристики горючести, показатели термостабильности, а также структурные характеристики методом оптической микроскопии и показатели гигроскопичности, влагоотдачи и деформационно - прочностных свойств.

Методом термогравиметрии получены термограммы образцов модифицированных пленок и определены их основные параметры в температурных диапазонах от 150 до 450°C. На рис.1-2 приведены термограммы ПВХ пленок, модифицированных интумесцентными системами ПЭТ–ПФА–МА с добавлением ГА (рис.1) и мела (рис.2) в количестве 30 мас. частей на 100 мас. частей полимера.



**Рис. 1. Термограмма модифицированной поливинилхлоридной пленки с содержанием ПФА/ПЭ/МА – ГА 30 мас.час.**



**Рис. 2. Термограмма модифицированной поливинилхлоридной пленки с содержанием ПФА/ПЭ/МА – мел 30 мас.час**

Следует отметить, что на всех термограммах изученных образцов присутствуют эндопики большей или меньшей степени интенсивности, соответствующие температуре 250°C, при которой начинается разложение полифосфата аммония.

На термограммах образцов пленок с добавлением интумесцентных систем и гидроксида алюминия наблюдается более выраженный эндопик при температуре 200-250°C, так как в этом диапазоне температур происходит сразу два процесса, а именно, разложение гидроксида алюминия и полифосфата аммония. При температуре 330-420°C на термограммах присутствуют пики, соответствующие образованию пенококсового слоя за счет реакции между компонентами интумесцентных систем. Поскольку эндопики связаны с поглощением тепла, это оказывает дополнительный положительный эффект в общей оценке пожароопасности материала.

Изучение карбонизованного слоя методом оптической микроскопии позволило выявить существенную разницу в структуре образующегося вспененного слоя. Следует отметить, что в случае использования в качестве наполнителя оксида титана наблюдается образование более структурированного коксового слоя с выраженными крупными ячеистыми образованиями. Действие наполнителя в процессе формирования пенококсов может заключаться в нуклеационном, то есть зародышеобразующем и эндотермическом эффектах [3].

В ходе исследования характеристик образцов плёнок в режиме самовоспламенения выявлено, что для всех образцов модифицированных пленок характерно плавление и большое выделение белого дыма. Отмечено, что при использовании системы с диоксидом титана выделение белого дыма было заметно более обильным, чем при использовании систем с гидроксидом алюминия и мелом.

Установлено, что показатель гигроскопичности ненаполненной ПЭУ пленки несколько меньше, чем у пленок, модифицированных антипиренами. Самая высокая гигроскопичность и влагоотдача отмечена у пленок, модифицированных полифосфатом аммония, пентаэритритом и меламином с добавлением диоксида титана и мела, что объясняется высокой гигроскопичностью диоксида титана и мела входящих в состав системы.

В ходе исследования деформационно-прочностных свойств образцов пленок было показано, что все изученные системы являются по отношению к полимеру инертным наполнителем и при увеличении степени наполнения системы показатели свойств, а именно предел прочности при растяжении и относительное удлинение образцов снижаются. Поэтому данные интумесцентные системы с добавками лучше использовать в количестве до 30 мас.ч на 100 мас.ч. полимера.

Таким образом, проведено комплексное исследование по оценке пожароопасности ПВХ - покрытий, модифицированных разными видами интумесцентных систем, содержащих пентаэритрит, полифосфат аммония, меламин, диоксид титана, гидроксид алюминия и мел с разным соотношением компонентов. В результате проведённых исследований в работе показано, что различные интумесцентные системы по-разному влияют на показатели горючести и термостабильности модифицированных ПВХ пленок. В работе даны рекомендации по использованию конкретных интумесцентных систем и их количественного соотношения. Системы ПФА/ПЭ/МА/ГА, ПФА/МА/ПЭ и ПФА/ПЭ/МА/диоксид титана целесообразно использовать в количестве до 30 мас.ч. Систему ПФА/ПЭ/МА/мел целесообразно использовать в количестве до 20 мас.ч., поскольку при дальнейшем увеличении количества наполнителя резко снижаются эксплуатационные характеристики образцов.

## Литература

1. Черноусова Н.В., Рожкова Н.С. ПВХ-композиции для искусственных кож пониженной горючести // Сборник научных трудов 4-ой Международной научно-практической конференции Инновации, качество и сервис в технике и технологиях. Курск, 2014. – С. 246-247.

2. Ломакин С.М., Заиков Г.Е., Микитаев А.К. Замедлители горения для полимеров // Энциклопедия инженера-химика. – 2012. – № 9. – С.22-34.

3. *Ненахов С.А., Пименова В.П.* Физико-химия вспенивающихся огнезащитных покрытий на основе полифосфата аммония (обзор литературы) // Пожаровзрывобезопасность. –2010. – Т. 19.38. – С. 12-60.

## **ЛАЗЕРНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОТДЕЛКИ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

*Абуталипова Л.Н., Хисамиева Л.Г.*

**Казанский национальный исследовательский технологический университет,  
Россия**

Развитие легкой промышленности неотделимо от высоких технологий, что обуславливает все большее проникновение в сферу производства одежды и обуви научно-технических достижений. Широкое использование в сфере проектирования изделий легкой промышленности получили такие технологии как плазменные, ультразвуковые, электронно-лучевые, ионно-лучевые и т.д. Одним из перспективных направлений отделки материалов и изделий текстильной и легкой промышленности является лазерная технология.

Существует множество видов лазерной обработки текстильных материалов: лазерная резка, перфорация, гравировка, наплавка, вакуумно-лазерное напыление, лазерное легирование. Лазерный поток имеет маленький диаметр луча и высокую интенсивность. Луч нагревает поверхность ткани до рекордно высоких температур, заставляя плавиться, но, не задевая прилегающие участки. Таким образом, лазерный рез получается сверхтонким с идеально ровными краями или легким оплавлением поверхности ткани, что позволяет эффективно резать листовые материалы, создавая любые сложные рисунки и оставляя гладкую поверхность реза[1]. Перфорация лазером позволяет получать узоры любой сложности как на уже вырезанных закройщиком деталях, так и на рулонной ткани.

Преимущества лазерной технологии интереснее проследить непосредственно при обработке синтетических и смешанных материалов.

Экспериментальным путем определены технические режимы перфорации синтетических и смешанных тканей, которые представлены такими показателями как мощность, скорость, поле обработки. Обработка образцов материалов проведена на экспериментальной опытно-промышленной установке – лазерном гравере «ZEONMARK LWG - 1490», которая расположена в научной лаборатории по комплексному исследованию физико-химических свойств композиционных материалов Института технологий легкой промышленности, моды и дизайна КНИТУ[2].

В табл.1 представлены оптимальные режимы лазерной гравировки поверхности различных видов текстильных материалов. Площадь рисунка наносимой гравировки составляет 50 x 50 мм.

В настоящее время в студенческой проектно-творческой лаборатории студентов кафедры Моды и технологий, созданной в рамках учебно-

производственных мастерских Института технологий легкой промышленности, моды и дизайна КНИТУ разработаны оригинальные модели изделий из различных материалов, перфорированных или декорированных на основе лазерной технологии отделки текстильных материалов. Коллекцию представляют вечерние платья из трикотажных полотен, молодежные костюмы из замша, женские комплекты из синтетических материалов, а также всевозможные аксессуары, в том числе клатчи, корсеты, пояса, подвески и т.д.

Таблица 1

Оптимальные технические режимы лазерной гравировки синтетических и смешанных тканей

№	Название ткани, состав	Параметры гравировки	
1	Костюмная ткань артикула 205013/572 Состав: 40% - п/э, 60% - вискоза	Скорость гравировки, мм/с	500
		Мощность, Вт	19
		Мощность излучателя, Вт	19
		Температура воды, °С	20°
		Высота головки лазера относительно поверхности стола, мм	35
		Время гравировки, с	8,6
2	Искусственная кожа на трикотажной основе	Скорость гравировки, мм/с	700
		Мощность, Вт	20
		Мощность излучателя, Вт	20
		Температура воды, °С	22 °
		Высота головки лазера относительно поверхности стола, мм	35
		Время гравировки, с	5,83
3	Вельвет Артикул: 609008/471 Состав: 15% х/б, 85% п/э	Скорость гравировки, мм/с	700
		Мощность, Вт	18
		Мощность излучателя, Вт	18
		Температура воды, °С	22 °
		Высота головки лазера относительно поверхности стола, мм	35
		Время гравировки, с	7,6

Преимущества лазерного метода как уникального способа декорирования изделий особенно актуальны при ориентации на гибкие автоматизированные производства. Стоимость лазерного оборудования достаточно высокая, но благодаря производительности, легкости перенастройки параметров под различные задачи, точности изготавливаемых изделий, и возможности использования в тех областях, где традиционные способы не возможны, лазерная обработка является конкурентоспособной технологией модифицирования и отделки материалов и изделий текстильной и легкой промышленности.

Литература

1. Лазер [Электронный ресурс]. Режим доступа: [www.svetoluch.ru](http://www.svetoluch.ru).
2. Хисамиева Л.Г., Гилязова А.А. Выбор оптимальных режимов обработки поверхностей полимерно-текстильных материалов с использованием лазерной гравировки // Вестник Казанского технологического университета. – Казань: КГТУ. – 2012. – №.11 – С. 127-128.

## НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ОБЪЕМНОМУ НАНОМОДИФИЦИРОВАНИЮ ПОЛИПРОПИЛЕНОВЫХ НИТЕЙ В ПРОЦЕССЕ ИХ ФОРМОВАНИЯ\*

*Пророкова Н.П.*

Институт химии растворов им. Г.А. Крестова РАН, г. Иваново, Россия

Ассортимент используемых в промышленных масштабах природных и синтетических волокон достаточно узок, что накладывает определенные ограничения на спектр свойств материалов и композитов на их основе. Разработка и создание новых волокнообразующих полимеров является высокозатратным комплексом мероприятий, проведение которого целесообразно лишь в случае решения специальных задач особой важности. Наиболее рациональным путем расширения спектра свойств волокон и материалов на их основе, а также качественного улучшения их характеристик является модифицирование волокнистых материалов. Научные и практические подходы к модифицированию натуральных волокон являются, в основном, устоявшимися, однако модифицирование большинства синтетических волокон является сложной и нетривиальной проблемой. Трудность решения этой задачи определяется особенностями структуры синтетических волокон (малым диаметром, высокой степенью ориентации и плотностью упаковки субмолекулярных образований, малой или полностью отсутствующей пористостью), а также, в большинстве случаев, низкой химической активностью и адгезионными свойствами волокнообразующего полимера (последнее особенно характерно для волокнистых материалов на основе полиолефинов, в частности, полипропилена). В настоящее время, благодаря успешному развитию нанотехнологий, появилась возможность реализации при объемном модифицировании синтетических волокнистых материалов метода, основанного на использовании наноразмерных наполнителей при получении синтетических нитей из расплава.

Предложен новый подход к модифицированию комплексных полипропиленовых нитей металлсодержащими наноразмерными частицами для придания им улучшенных эксплуатационных характеристик и новых, ранее не присущих нитям свойств (например, биоцидности). Способ основан на введении в полипропилен на стадии получения расплава наноразмерных металлсодержащих частиц в стабилизированной форме, причем наночастицы стабилизируются на стадии синтеза полиолефинами. Показано, что иммобилизация наноразмерных металлсодержащих частиц в процессе их получения в полиэтиленовой матрице создает условия, препятствующие

---

\* Исследования проводились при финансовой поддержке РФФИ (гранты 13-03-12065-офи-м, 15-29-01068-офи-м) и Президиумом Российской академии наук (программа «Поддержка инноваций и разработок» за 2009–2011 г.г.).

агрегации наночастиц при введении в полипропилен в процессе формования нитей, а также обеспечивает высокую равномерность распределения наполнителей в готовой нити и на её поверхности. Установлено, что при введении в расплав полипропилена микроколичеств (менее 1%) порошкообразных металлсодержащих наночастиц наблюдается увеличение относительной разрывной нагрузки комплексной полипропиленовой нити без снижения разрывного удлинения и ухудшения трибологических характеристик нитей. Наиболее значительный рост прочности зафиксирован при использовании железо-, марганец- и никельсодержащих композитов. Показано, что в результате модифицирования полипропиленовых нитей малыми количествами наноразмерных металлсодержащих частиц происходит значительное (в  $10^5 - 10^6$  раз) снижение поверхностного электрического сопротивления нитей, в то время как использование промышленных антистатических препаратов обеспечивает уменьшение этого показателя лишь в  $10^4$  раза. Выявлено, что полипропиленовые нити, модифицированные наноразмерными частицами, содержащими металлы переходного ряда, оказывают ингибирующее действие на развитие всех видов болезнетворных микроорганизмов. Наиболее сильно активность *грам*-положительных, *грам*-отрицательных бактерий и патогенных микрогрибов снижается при использовании малых количеств марганец- и железосодержащих нанокompозитных порошков, причем, если антибактериальное воздействие в обоих случаях является одинаково интенсивным, антигрибковый эффект выше у марганецсодержащих нитей. Придание полипропиленовым нитям комплекса новых и улучшенных свойств позволит расширить области их применения и создать на их основе новые композиционные материалы.

Разработан способ объемного модифицирования полипропиленовых волокнистых материалов для улучшения их потребительских характеристик, базирующийся на введении в расплав волокнообразующего полимера на стадии формования нитей малых количеств ультрадисперсного политетрафторэтилена. Установлено, что модифицированные полипропиленовые нити обладают повышенной прочностью, высоким модулем упругости, улучшенной способностью к переработке. Нити получают в матированном виде без использования концентрата диоксида титана. При получении окрашенных в массу нитей значительно снижается обрывность. Показано, что ткань из модифицированных полипропиленовых нитей отличается высокими модулем упругости и износостойкостью, повышенной гидрофобностью. Выявлено, что модифицированный нетканый полипропиленовый материал характеризуется высокой равномерностью полотна по плотности, повышенной прочностью по длине и ширине, большей устойчивостью к воздействию деформаций.

## СЕКЦИЯ 5

# Автоматизация и информационные технологии в управлении и производственных процессах текстильной и легкой промышленности

## ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ В ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

*Монахов В.И., Винтер Ю.М., Минаева Н.В., Сухарев В.В.*

Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

Продукция предприятий текстильной и легкой промышленности характеризуется широким, постоянно меняющимся ассортиментом, и ориентирована на большой круг покупателей. Операции в информационных системах на таких предприятиях сопровождаются выполнением большого количества транзакций [1,2]. Поэтому со временем объем базы данных увеличивается, а скорость выполнения запросов в ней замедляется.

Есть несколько подходов, с помощью которых можно ускорить работу программ и базы данных. Они основываются на том факте, что со временем важность информации уменьшается. Основной идеей является избавление от устаревшей информации в активной части базы данных. Тонким моментом является критерии определения «старой» информации. Другим важным моментом является проектирование такой структуры базы данных, которая позволяет легко выполнять удаление устаревшей информации.

Проблема устаревания данных является отдельным вопросом и не рассматривается в данной работе. Отметим только, что этот вопрос должен решаться с участием специалистов предметной области, а на предприятии - с участием его руководства.

В работе рассматриваются вопросы построения эффективной структуры базы данных, позволяющей обеспечить хорошую производительность запросов к базе данных и удобство избавления от устаревших данных, а также процедуры очистки устаревших данных и автоматизация данной процедуры.

Например, на текстильном предприятии в подсистеме учета продаж накапливаются данные по отдельным продажам, включающие как ассортимент продаж (артикул ткани, шифр отделки, вид рисунка, сортность, метраж), так и детализацию партии по кускам ткани (метраж отдельных кусков партии). Аналогичная ситуация складывается при приемке готовой продукции из производства на склад. Детальная информация со временем

теряет актуальность. Ориентировочно интервал времени, за который целесообразно хранить детальную информацию, определяется последним годом.

Основным принципом построения эффективной структуры базы данных большого объема с интенсивными транзакциями является разбиение или секционирование таблиц (Partition).

Разбиение осуществляется путем деления одной большой таблицы на маленькие физические куски - секции. Разбиение может дать несколько преимуществ:

- производительность выполнения запросов может быть существенно увеличена, когда наиболее интенсивно используемая область таблицы является отдельным разбиением или небольшим количеством разбиений. Такое разбиение и его индексы лучше размещаются в оперативной памяти, чем индекс всей таблицы;

- удаление устаревших данных (или их перенос в архивные таблицы) может быть реализовано с помощью простого удаления разбиений. Команды удаления таблиц-секций DROP TABLE выполняются значительно быстрее, чем любые операции удаления строк таблицы. Эти команды также полностью снимают необходимость в выполнении сборки «мусора», в отличие от массового удаления командой DELETE.

Удобной и мощной для построения информационных систем является свободно распространяемая СУБД PostgreSQL. Секционирование таблиц в СУБД PostgreSQL отличается в реализации от остальных СУБД. Основой для секционирования служит принцип наследования таблиц.

Главная таблица (Master Partition Table) – это шаблон, по которому создаются дочерние таблицы. Это обычная таблица, но она не хранит никакой информации, а имеет связанный с ней триггер.

Дочерние таблицы (Child Tables) наследуют свою структуру от одной главной таблицы и принадлежат ей. Именно в дочерних таблицах хранятся все данные. Эти таблицы часто называют партиционными таблицами или просто партициями. Между главной и дочерними таблицами существует отношение один-ко-многим, т.е. для одной главной таблицы существует множество дочерних.

При автоматическом разбиении на партиции процедурой разбиения управляет функция партицирования (Partition Function) и триггер, связанный с главной таблицей. Функция партицирования является хранимой процедурой, которая определяет, какая из дочерних таблиц примет новую запись. Триггер вызывает функцию партицирования при выполнении операций обновления. Критерием выбора таблицы в информационных системах, как правило, является время выполнения операции. Если в качестве периода разбиения выбрать месяц, то имя каждой дочерней таблицы будет *имя\_главной\_таблицы\_YYYY\_ММ*. Например, для главной таблицы книги продаж BOOKPR партиция с данными за март 2015 года будет иметь имя

BOOKPR\_2015\_03. Если для добавляемой строки нет соответствующей таблицы-партиции, то она создается на основе структуры главной таблицы, как шаблона.

Таким образом, проектирование структуры базы данных, базирующейся на партицированных таблицах, включает следующие действия:

- создание главных таблиц для секционированных данных;
- создание триггерной функции;
- создание триггера для главной таблицы и связывание его с триггерной функцией.

Триггерная функция может быть общей для всех секционированных таблиц и содержать параметры, определяющие особенности отдельной таблицы. Триггерная функция выполняет следующие действия:

- Создает дочернюю партицию, если она ещё не существует, выполняя динамически генерируемый оператор CREATE TABLE с параметрами;
- Параметры дочерних таблиц определяются значениями колонки партицирования, создавая партицию для заданного диапазона значений колонки. Например, если такой колонкой является дата, а периодом разбиения выбран месяц, то параметрами будет год и месяц;
- При создании новой дочерней таблицы кроме создания структуры таблицы в нее также переносятся: проверочное правило на соответствие данных периоду таблицы, индексы, триггеры контроля целостности.

Следующим важным шагом управление разбиениями, является автоматизация обслуживания партиций, которое включает перенос старых партиций в архив и их удаление из активной части базы данных. Для этого удобно использовать механизм плановых заданий JOBS – процедур, запускаемых по заданному расписанию.

Для управления разбиениями необходимо создать дополнительные служебные таблицы. Основной является таблица правил, хранящая иерархию секционированных таблиц и правила очистки. Количество строк определяется количеством главных таблиц для секционирования. Каждая строка содержит информацию: имя главной таблицы, период хранения (тип интервал), имя главной таблицы архива (если данные не удаляются, а переносятся в архив) и дополнительную информацию.

Для обеспечения защиты системы управления разбиениями от кратковременных сбоев системного времени на сервере целесообразно вести журнал (таблицу) контроля монотонности времени. Журнал также формируется автоматически соответствующим плановым заданием.

Алгоритм обслуживания включает следующие шаги:

1. Проверяется отсутствие аномалий в журнале монотонности времени по заданному числу последних записей, т.е. отсутствие выхода временных меток из допустимого диапазона за анализируемый интервал.
2. Для заданной таблицы проверяются ее партиции и для каждой определяется необходимость ее переноса из активной части базы данных в

соответствии с заданным правилом. Для убираемой таблицы выполняется удаление оператором DROP или перенос в архивную часть базы данных.

Алгоритм реализуется хранимой процедурой, запускаемой плановым заданием. Процедура выполняет проход по строкам таблицы правил и для каждой записи выполняет шаги алгоритма. Периодичность запуска обычно составляет сутки. При этом целесообразно настроить запуск на период суток с наименьшей нагрузкой на сервер, например на ночное время.

### Литература

1. Монахов В.И., Сухарев В.В. Автоматизация управления продажами текстильной продукции на базе платформы 1С:Предприятие // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2009. – №1. – С.6-9.

2. Монахов В.И., Милитеев А.В. Особенности реализации многоуровневой архитектуры информационных систем и ее использование на предприятиях текстильной отрасли // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2011. – № 7. – С.133 – 135.

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРОВ ОБЪЕКТОВ, ОБНАРУЖЕННЫХ НА ТЕНЕВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЯХ ПРИ ПОМОЩИ ПРОГРАММЫ MATLAB**

*Капустин С.Ю., Коробов Н.А.*

**Ивановский государственный политехнический университет, Россия**

Для исследования технологических процессов, образующихся при обработке льноволокна, были разработаны новые устройства [1,2], при помощи которых получены теневые снимки протекающих процессов. В частности, зафиксированы вихри, возникающие при работе поточной линии ПЛ-1-КЛ (рис.1) .

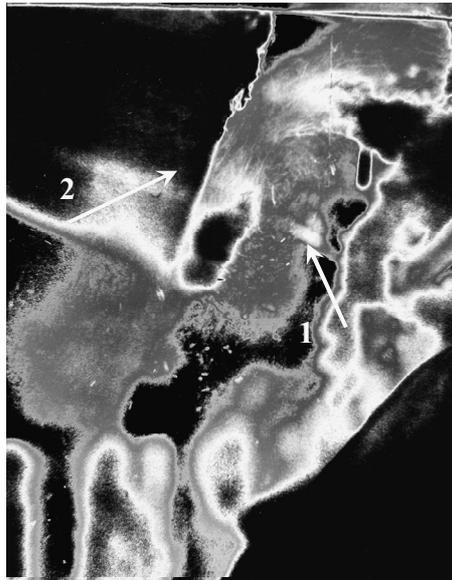
Далее встает задача всесторонне исследовать полученные изображения. Используемые теневые методы с последующей компьютерной обработкой дают возможность получить качественно новую информацию о протекающих процессах в исследуемых потоках.

Процесс исследования теневых снимков начинается с бинаризации исходного изображения. Решение данной задачи определяет эффективность дальнейшей обработки изображения. Затем определяются размеры объектов, находящихся на снимке. При нахождении размеров объектов на изображении используется неявный морфологический подход [3]. Сущность его заключается в том, что он осуществляется без измерения каждого отдельного объекта.

Используемый метод заключается в применении морфологического размыкания с увеличивающимися размерами. Для этого используется

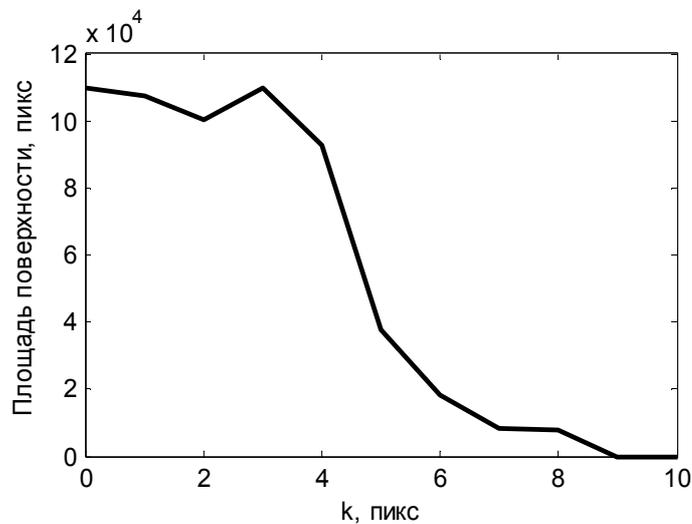
функция `imopen`. После каждого акта размывания вычисляется сумма всех значений пикселей. Этой суммой можно оценить площадь поверхности изображения.

Потом реализуются команды, производящие размывание с помощью структурообразующего элемента. В нашем конкретном случае используется функция `strel('disk', k)`. Радиус диска (круга) изменяется в пределах от 0 до 10 пикселей.



**Рис. 1. Возникающий воздушно-пылевой поток в форме вихря:  
1 – вихрь; 2 – аспирационное устройство**

Создана программа, которая позволяет в среде MATLAB рассчитать зависимость радиуса частиц  $k$  от площади поверхности вихря (рис. 2), а также получить зависимость изменения площади поверхности вихря между последовательно проведенными размываниями при помощи функции `imopen`.



**Рис. 2. Зависимость площади поверхности исследуемого вихря от радиуса частиц  $k$**

Проведенный компьютерный анализ дает возможность эффективно анализировать процессы, происходящие при технологической переработке льна. Новая информация, полученная в результате исследований, позволяет проектировать новые устройства для углубленной переработки льноволокна.

### Литература

1. *Капустин С.Ю.* Исследование технологических и воздушно-пылевых потоков образующихся при переработке льноволокна при помощи методов оптической визуализации // Состояние и перспективы развития электротехнологии: Сборник научных трудов Международной научно-технической конференции «XVII Бенардосовские чтения». Том 1: Иваново, 2013.– С.267-269.

2. Патент 150183 (РФ). Устройство для визуализации воздушно-пылевых потоков/ С.Ю. Капустин, И.Г. Мельцаев - БИ, 2015. – №4.

3. *Гонсалес Р., Вудс Р., Эддинс С.* Цифровая обработка изображений среде MATLAB. Москва: Техносфера, 2006. – 616 с.

## **АНАЛИЗ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ И КАТАСТРОФ С ПРИМЕНЕНИЕМ ФРАКТАЛЬНЫХ МЕТОДОВ**

*Севостьянов П.А.<sup>1</sup>, Самойлова Т.А.<sup>1</sup>, Вахромеева Е.Н.<sup>1</sup>, Ордов К.В.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

<sup>2</sup>Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, г. Москва

Одной из важнейших задач применения математических методов в экономике является прогнозирование значений временных рядов (ВР) для различных экономических характеристик. Специфика задачи создает немалые трудности для методов, которые успешно применяются в естественных науках и технике. Получили популярность методы, основанные на новых подходах, среди которых следует упомянуть такие, как вейвлет-анализ [1], фрактальный анализ и хаотическая динамика. В классе этих методов наибольшую известность и распространение получил показатель Хёрста. Наблюдения за уровнем разлива Нила в течение многих лет и хорошая интуиция позволили Хёрсту эмпирическим путем разработать показатель, по которому можно было прогнозировать тенденции в ожидаемых разливах рек. С развитием теории фракталов и исследований объектов нецелой размерности была доказана связь между показателем Хёрста и фрактальной размерностью ВР и предложены альтернативные показатели закономерностей в поведении ВР. С конца 20-го века эти показатели стали ши-

роко использовать для выделения закономерностей в экономических ВР [2].

Эти методы основаны на предположении, что экономические ВР могут быть описаны фрактальной моделью. В соответствии с этой моделью ВР подвергается обработке, в результате которой вычисляется оценка фрактального критерия, например, показателя Хёрста. В зависимости от того, в какой диапазон значений попадает этот показатель, можно дать прогноз о дальнейшем поведении ВР: продолжении уже имеющихся в нем тенденций, перехода ряда в хаотическое состояние или изменения наблюдаемых тенденций на противоположные. Огромное количество (несколько сотен) публикаций по теории показателя Хёрста и его применениям показали, что он не является панацеей и надежно обнаруживает тенденции лишь в трендах среднего уровня ВР, что недостаточно для экономических и финансовых ВР, в особенности, для обнаружения признаков приближения кризисных ситуаций. Наряду с фрактальными методами получили развитие и методы так называемой хаотической динамики нелинейных систем. Разработки в этом направлении показали, что кризисные явления могут быть смоделированы как бифуркации в нелинейных динамических системах. При определенных условиях поведение этих систем приобретает признаки хаоса. Приближение к точкам бифуркаций в фазовом пространстве системы создает возможность кризисной ситуации («катастрофы» в терминах хаотической динамики).

Отсюда следует, что для предкризисного поведения системы характерным является не только намечающееся изменение тренда среднего уровня ВР, но и заметное нарастание дисперсии значений ряда, которое опережает изменения тренда. Поэтому предлагается построить критерий, позволяющий заблаговременно обнаруживать нарастание вероятности кризисных явлений путем одновременной идентификации изменений в тренде и нарастания рассеяния ВР.

Предлагается следующий алгоритм расчета.

1. Прием очередной порции информации в количестве  $T_s$  отсчетов.
2. Добавление порции к хранящимся в памяти значениям ВР.
3. Расчет по накопленным данным уточненной линейной полиномиальной регрессии - модели тренда.
4. Расчет показателя адекватности и прогностической способности полученной текущей модели тренда.
5. Проверка необходимости обновления регрессионной модели тренда. При положительном выводе - сохранение уже построенной модели и начальная оценка новой модели. При отрицательном выводе – сохранение уточненной модели и прогнозирование ожидаемых значений тренда.
6. Вычисление по вновь полученным отсчетам оценки размаха данных.

7. Добавление оценки размаха данных к потоку значений размахов ВР.

8. Расчет по накопленным данным размахов ВР регрессии – модели изменений размаха по длине ВР.

9. Проверка необходимости обновления модели размаха. При положительном выводе – сохранение уже построенной модели и начальная оценка новой модели. При отрицательном выводе - сохранение уточненной модели размаха и прогнозирование ожидаемых значений размаха на ближайший интервал отсчетов.

10. Оценка взаимно-корреляционной функции (ВКФ) между временными рядами данных ВР и размахов ВРР.

11. Поиск максимума ВКФ  $rMax$  и лага времени  $TauMax$ , соответствующего этому максимуму.

12. Расчет критерия ожидания бифуркационной точки изменения тренда во ВР. Проверка условия появления бифуркационной точки и сигнализация о структурных изменениях во ВР.

Алгоритм был проверен на сериях модельных и реальных ВР колебаний индексов финансовых характеристик фондового рынка с различными видами нестационарности и подтвердил свою работоспособность и пригодность для обнаружения предкризисных ситуаций.

#### Литература

1. Севостьянов П.А., Симонян В.О. Масштабный анализ неровноты одномерных волокнистых продуктов// Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2006. – №6. – С.118-123.

2. Петерс Э. Фрактальный анализ финансовых рынков. – М.: Интернет - трейдинг. – 2004. – С.304.

### СОВРЕМЕННЫЕ САПР ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ТКАЧЕСТВА

*Кветковский Д.И., Невских В.В., Бруслик А.С.*

Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь

Современную производственную деятельность невозможно представить без использования информационных технологий и прикладных программ, направленных как на повышение эффективности производства, так и на подготовку и принятие управленческих решений. Информационные технологии в производстве реализуются в виде автоматизированной системы управления.

САПР позволяет найти оптимальное из множества решений, в значительной мере влияющих на процесс производства, – снизить транспортные

расходы, улучшить регулирование микроклимата, увеличить рабочие и обслуживаемые зоны станков, и по этой причине повысить производительность труда и технико-экономические показатели внедрения новых технологий в производство, улучшить качество производимой ткани.

Надежность процесса ткачества обеспечивается качеством подготовки основы.

Ведущий производитель приготовительного оборудования Karl Mayer представляет новую платформу для управления сновальными и шлихтовальными машинами KAMCOS®. Система автоматически в режиме онлайн контролирует и поддерживает расчетные показатели процессов снования и шлихтования: контроль обрыва и натяжения нитей (laserstop), контроль скорости вращения рабочих органов (motion control), влажности и клейкости, давления валов и т.д. Все данные сохраняются в базе данных шаблонов образцов (pattern control). Управление машинами происходит через ЖК дисплей на основе новейших сетевых технологий и выходом в интернет.

Программное обеспечение Teleservice обеспечивает прямой доступ специалистов Karl Mayer в Обертсхаузене к соответствующим данным машины заказчика и обмен информации ее настроек для быстрого решения проблем.

Сам процесс ткачества также характеризуется высоким уровнем компьютеризации и внедрением САПР на современном оборудовании.

Еще в 1989 году фирма Dornier (Германия) представила на рынок электронику ткацкого станка с контроллером локальной сети CAN-Bus. Благодаря этому все агрегаты ткацкого станка фирмы Dornier охвачены процессами управления, регулирования и контроля.

На дисплей системы управления станком можно вывести руководство по эксплуатации, каталог запасных частей или параметры станка и сразу отправить через Интернет. Экранные меню могут быть доступны специалистам сервисного обслуживания фирмы Dornier, т.е. возможен анализ работы станка в режиме онлайн (глобальная коммуникационная сеть DoNet).

Цветной графический дисплей, эргономичная структура меню обеспечивают быстрый вызов наиболее важных данных для управления станком: частота вращения, плотность по утку и натяжение основы, можно свободно задавать и сохранять с привязкой к виду выпускаемой ткани. Перенос производственных данных, образцов и параметров настройки производится через модем или с помощью обычных недорогих дискет. Право доступа различного уровня обеспечивается с помощью бесконтактных карточек-ключей, не подверженных износу.

Фирма Picanol (Бельгия) предлагает полный набор инструментов для управления настройками машины с Picanol Style Administration (PS Suite) при помощи экрана управления Fix a Mark, создание новых тканей и ре-

дактирование имеющихся шаблонов с использованием Picanol Pattern Editor, получение доступа к ткацкому станку с центрального компьютера, используя LoomGate, доступ к руководству пользователя и возможность удаленной поддержки, когда машина подключена к локальной сети или посредством отправки системного файла клиенту Picanol услуг для анализа при помощи Picanol Bluebox System.

Ткацкое оборудование группы компаний Iteма (Италия) оснащено современными сенсорными экранами и новой платформой управления станком (State of the Art) на базе микропроцессорной техники под управлением Windows CE. Имеет возможность передачи настроек станка по сети или при помощи карт памяти USB (рис.1).



**Рис. 1. Управление станком сенсорным дисплеем и перенос настроек станка при помощи Memory Stick USB**

Программа Iteма Loom Browser позволяет контролировать, загружать или изменять настройки станка или новые переплетения простым нажатием интерактивного дисплея.

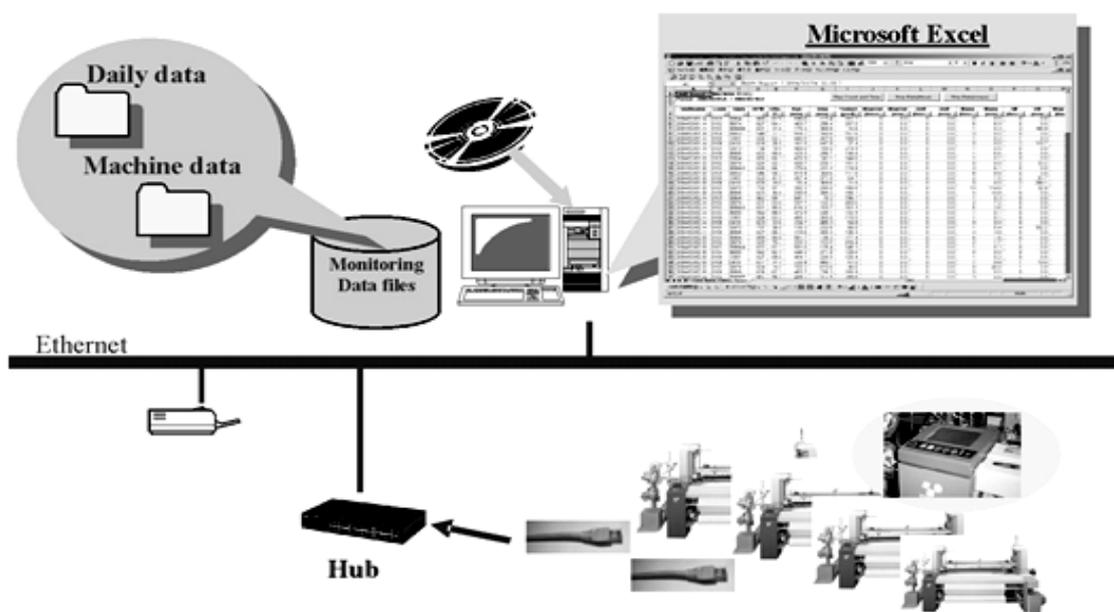
При наличии интернета возможна удаленная диагностика станка с использованием службы удаленного программного обеспечения World Wide Service Network Iteма.

Внутри каждого станка JAT фирмы Toyota (Япония) находится инновационная экспертная система для управления процессом ткачества WAS (Weave Assist System). WAS имеет простой интерактивный пользовательский интерфейс с большим 12-дюймовый дисплеем. В дополнение к стандартным функциям, которые обеспечивают оптимальные условия для ткачества и устанавливаются автоматически, путем простого выбора параметров ткани, система помогает оператору. Отслеживает параметры системы подачи воздуха (чрезмерное потребление воздуха, параметры прокладывания утка), ведет учет ошибок и нарушений, а также предупреждает

и выключает машину для предотвращения возникновения дефектов, при этом сохраняя высокий уровень качества текстиля.

Фирма Toyota разработала систему управления ткацким предприятием, основанную на системе мониторинга TMS (Toyota Monitoring System). Для работы TMS все станки должны быть соединены в Ethernet сеть. Сеть может быть в пределах компании (местной) или между производственными площадками в разных местах (глобальной). Обслуживающий персонал может получить доступ к каждой машине, которая находится в этой сети не только с офисных компьютеров, но через планшетные компьютеры.

TMS контролирует множество параметров, анализирует график останковки станков, показывает фактический уровень выработки с плановым и прочее. Обеспечивает Кросс-сравнение параметров работы с другими станками предприятия, сравнение локальных участков производства или других производств. TMS производит оценку полученных машинных данных и представляет ее в виде отчетов данных, графиков и протоколов в стандартном MS Excel (рис.2).



**Рис. 2. Схема системы управления ткацким предприятием TMS**

Современное ткацко-приготовительное оборудование имеет высокий уровень автоматизации и компьютеризации для получения тканей отличного качества при высокой производительности. Внедрение этого оборудования и систем управления на текстильных предприятиях позволит значительно повысить конкурентоспособность выпускаемых тканей.

## РАЗРАБОТКА МНОГОВАРИАНТНЫХ ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ ПОСТРОЕНИЯ КОНСТРУКЦИЙ В САПР «ГРАЦИЯ»

*Пищинская О.В.*

Новосибирский технологический институт (филиал) МГУДТ, Россия

Практически аксиомой сегодняшнего дня становится факт, что основной стабильно работающего российского швейного предприятия является САПР. Для решения задач конструкторской подготовки применяют разные подходы. Графический подход предполагает построение лекал базового размера конструктором вручную и их ввод с помощью дигитайзера. В настоящий момент среди подходов к автоматизации работ по конструированию и конструктивному моделированию наибольшее внимание на себя обращает параметрический, позволяющий исключить традиционный процесс градации.

В САПР «Грация», активно используемой на предприятиях региона, реализован аналитический, расчетно-графический подход. Суть его состоит в том, что конструктор выполняет необходимые действия по разработке изделия, которые автоматически записываются в виде последовательности операторов. Установлена взаимосвязь между операторами и соответствующими им графическими элементами. Система в процессе выполнения операторов производит вычисления и графические построения. Характерным признаком аналитического подхода является то, что в результате работы имеется и процесс построения (алгоритм), и результат построения (лекала).

В настоящий момент технологии параметризации максимально широко используются при создании чертежей базовых и исходных модельных конструкций на основании расчетных методик проектирования. Градация таких конструкций выполняется в считанные секунды, однако результат не дает необходимого качества посадки в силу приближенности исходных расчетов. С другой стороны, существующие модельные конструкции, полученные непараметрическими способами (с применением ручного труда), обладают необходимым качеством посадки, однако процесс их градации занимает значительную часть времени.

В подсистемах САПР параметрического типа невозможен процесс алгоритмического представления лекал, разработанных ручным способом. Данное обстоятельство ограничивает использование подобных систем на предприятиях с накопленной базой картонных лекал, выверенных опытом. Поэтому во многих системах параллельно разработаны подсистемы для работы с оцифрованными лекалами (например, Julivi, Ассоль, Gerber) (правда, параметрические подходы в этих модулях реализовать невозможно).

Для решения проблемы использования картонных лекал при проектировании в среде САПР «Грация» поставлены следующие задачи:

- разработка информационного обеспечения процесса параметрического представления лекал;
- разработка формализованного описания методики параметризации лекал, разработанных ручным способом.

Для решения поставленных задач в модуле «Конструирование и моделирование» САПР «Грация» используется база данных готовых алгоритмов построения базовых конструкций, построенных по различным методикам (ЕМКО СЭВ, «Английский метод конструирования», «Мюллер и сын», МГУДТ и др.).

Составлено формализованное описание методики параметризации импортируемых лекал в подсистеме «Конструирование и моделирование». Исходными данными для анализа конструкций являются размерные признаки фигуры, для которой был создан чертеж конструкции модели одежды, сведения об основных показателях свойств материалов. В среде САПР выполнено измерение и вычисление конструктивных прибавок, вычисление балансовых характеристик, составлены таблицы измеренных величин. Конструктору необходимо выполнить подбор из базы данных алгоритмов вариант, наиболее соответствующей конструкции.

После подбора конструкции выполняется совмещение параметрического и оцифрованного чертежей. Формирование совмещенного чертежа производят в соответствии с расположением деталей в базисной сетке в модуле «Конструирование и моделирование» САПР «Грация». Для этого необходимо правильно сориентировать, подобрать масштаб рисунка для состыковки детали внутри конструкции, а затем образовать единый чертеж с соблюдением следующих условий размещения деталей в базисной сетке чертежа:

- вертикальность линии борта от линии низа до среза горловины;
- горизонтальность линии глубины горловины, проймы, линии талии, линии бёдер и линии низа.

Предварительно составные детали лекала стыкуют по линии борта, детали переда и спинки – по средней продольной линии сгиба или среднему срезу. Криволинейные контуры корректируются с помощью операторов: «Плавная линия», «Коррекция Безье», позволяющими формировать криволинейные контуры и дающими возможность получить точную линию лекала. Возможно также использование оператора «Прогнуть» на некоторых участках.

Таким образом, в результате совмещения параметрического и экспортированного чертежей получают точную конструкцию лекал, которые в дальнейшем можно автоматически перестраивать на рекомендуемые размеры и роста.

В результате разработано информационное обеспечение процесса параметрического представления лекал. Представлена последовательность подготовки лекала для импорта в САПР «Грация». Данный способ использования бумажных лекал позволяет расширить функциональные возможности САПР «Грация», значительно сократить затраты времени на проектирование конструкций швейных изделий.

## **УСТРОЙСТВО ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ СМЕШИВАНИЯ НА БАЗЕ ЕМКОСТНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ**

*Захаркина С.В., Румянцев Ю.Д.*

**Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия**

Задача контроля степени смешивания натуральных и химических волокон заключается в количественной и качественной оценке смешивающей способности технологических цепочек и отдельных машин, в выделении в каждом конкретном случае наиболее важных факторов, влияющих на смешивающую способность, в выборе оптимальной структуры и режима работы смешивающих машин, рациональной организации процесса смешивания, обеспечивающей получение конечного продукта с заданными физико-механическими свойствами.

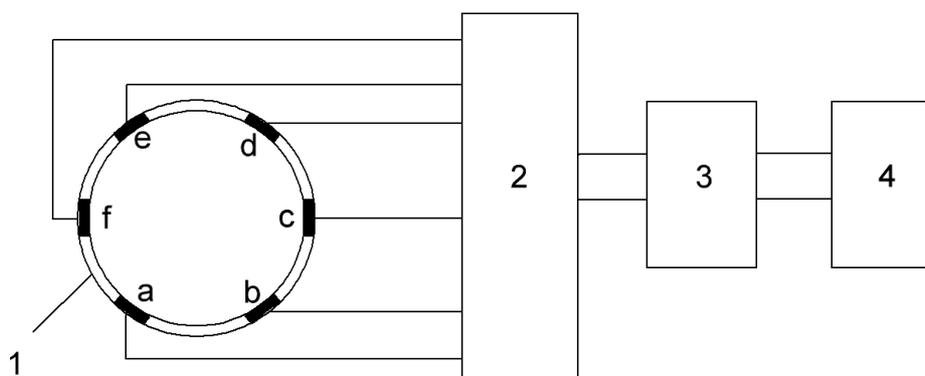
Большая значимость экспрессного контроля степени перемешивания волокнистых материалов обусловила многочисленные разработки и исследования в направлении создания методов и средств контроля указанного параметра. Однако в настоящее время практически отсутствуют средства автоматического контроля указанных параметров.

В результате проведенного анализа работ, посвященных разработке методов и средств контроля качества смешивания натуральных и химических волокон, можно сделать следующий вывод: во всех этих работах измерение параметров смешивания возможно только в лабораторных условиях. Необходимо создать такое устройство для контроля качества смешивания волокнистых материалов, которое позволило бы проводить измерения непосредственно на оборудовании, не прерывая технологический процесс. Только в этом случае появится возможность создания системы автоматического регулирования параметров смешивания натуральных и химических волокон.

На рис.1 представлена функциональная схема разработанного устройства для автоматического контроля параметров смешивания натуральных и химических волокон.

Устройство состоит из полого измерительного цилиндра 1, установленных на его поверхности электродов а, b, с, d, е и f, блока коммутации 2, измерительного блока 3 и блока индикации 4.

Сущность предлагаемого устройства заключается в сканировании условных сечений исследуемых продуктов вращающимся полем емкостного преобразователя.



**Рис. 1. Функциональная схема устройства для автоматического контроля параметров смешивания натуральных и химических волокон**

Работает устройство следующим образом.

Первичный преобразователь представляет собой полый измерительный цилиндр 1, внутри которого находится система электродов a, b, c, d, e и f. Каждая пара электродов смещена относительно соседней пары на определенный угол таким образом, что при последовательном переключении пар электродов поле поворачивается на угол равный  $360^{\circ}$ . При прохождении через полый измерительный цилиндр 1 контролируемый продукт формируется в образец круглого сечения. Емкость между включенными электродами в этом случае определяется диэлектрической проницаемостью той части сформированного образца, которая проходит через электрическое поле. Электроды первичного преобразователя с помощью блока коммутации 2 подключаются к измерительному блоку 3 в последовательности: a-b, b-c, c-d, d-e, e-f, f-a и т.д. В результате чего сечение продукта полностью подвергается сканированию электромагнитным полем. Частота коммутации определяется скоростью прохождения продукта и может варьироваться в диапазоне от единиц до десятков КГц. Если компоненты смеси распределены по сечению неравномерно, смена пар электродов будет приводить к изменению величины емкости. Выходы блока коммутации подключаются к измерительному блоку, который состоит из измерительного моста, питаемого переменным напряжением, схемы предварительного усилителя, прецизионного выпрямителя, схемы конечного усилителя и фильтра.

Выход измерительного блока 3 (рис.1) подключается к блоку индикации 4, состоящему из аналого-цифрового преобразователя и индикаторной панели. Блок индикации с помощью цифрового интерфейса RS-232 может быть подключен к персональному компьютеру.

Таким образом, предлагаемое устройство является простым, надежным и может быть использовано в системах автоматического регулирования качества смешивания натуральных и химических волокон, что обеспечит оптимизацию технологических процессов с целью экономии сырья, повышения производительности труда и улучшения качества вырабатываемой продукции.

## **ПРИМЕНЕНИЕ БИБЛИОТЕКИ OPENCV В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

*Разин И.Б., Миронов В.П., Муртазина А.Р., Оганезов К.В.*  
Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

В связи с постоянным изменением и совершенствованием конструкций изделий легкой промышленности, способность предприятий-изготовителей быстро реагировать на изменения рынка является одной из актуальных задач современного производства. Решение данного вопроса невозможно без использования современных компьютерных технологий и новых подходов к проектированию. Использование САПР для автоматизации процессов в легкой промышленности может существенно повысить эффективность производства, сделать работу конструктора более простой и наглядной. Цель автоматизации – повышение качества проектирования и создаваемой продукции, снижение материальных затрат, сроков проектирования и роста числа инженерно-технических работников, занятых проектированием и конструированием [1].

Процесс конструирования в обувной промышленности технически довольно сложен: необходимо перейти от объемной формы колодки к плоской форме деталей, т.е. получить их развертку – чертеж. На этом этапе инженер-конструктор сталкивается с задачей ввода исходной информации, которая зависит от методики проектирования обуви: копировально-графическая, методика МТИЛП, АРС Сутория.

В качестве устройств ввода используют графический планшет, световое перо, сканер, цифровой фотоаппарат и видеокамеру. Все их можно разделить на два больших класса: полуавтоматические и автоматические. Поскольку ручной ввод не самый быстрый и удобный, особенно в случаях сложной геометрии, то лучше применять полуавтоматические устройства. Они строятся по принципу сканирования всего изображения с последующей его обработкой и переводом из растровой формы представления в векторную. На сегодняшний момент разработано несколько пакетов программ и библиотек для решения задачи векторизации.

*OpenCV* – библиотека компьютерного зрения с открытым исходным кодом (Open Source Computer Vision Library), содержащая более 500 функций, нацеленных на выполнение работ в реальном времени. Библиотека содержит алгоритмы для обработки, реконструкции и очистки изображе-

ний, распознавания образов, захвата видео, слежения за объектами, калибровки камер и др. Доступны версии для загрузки Windows, Mac, Linux, поддерживается множество языков, включая C/C++, Python, Java [2].

В библиотеку OpenCV заложен алгоритм Кенни, предназначенный для векторизации изображений. Он реализуется с помощью функции `cvCanny`. В качестве основных передаваемых аргументов необходимо указать изображение (в градациях серого), пороги и размер для оператора Собеля [3]. Отметим, что функция `cvCanny` не поддерживает работу с цветными изображениями, однако библиотека OpenCV содержит стандартные средства для разбиения картинки на слои или выделения отдельных цветовых каналов (`cvSplit`). Помимо функций векторизации и предварительной обработки изображений в OpenCV имеется модуль для работы с контурами: определение площади, периметра, вписывание исходного контура в прямоугольник или круг и т.п.

Перечисленные функции можно применить при вводе информации о готовых лекалах: внешний контур, периметр и площадь.

К сожалению, детектор границ Кенни не подходит для векторизации чертежей конструкций верха обуви. В статье [4] предлагается альтернативный топологический алгоритм, учитывающий толщину линии.

После построения лекал следует этап градации, на котором необходимо создать комплекты готовых изделий по размерам, ростам и полнотам. Поскольку в библиотеке OpenCV имеются функции для работы с матрицами и контурами, то и на этом этапе ее можно использовать.

Кроме того, перечисленные функции помогут при проектировании раскладки. Форма натуральной кожи неровная, кроме того, на некоторых участках имеются дефекты. Различают пороки неизмеряемые и измеряемые в единицах длины и площади. К первым относят жилистость, молочные линии, неравномерную окраску, налеты минеральных солей и т.п. Пороки второго типа обводят мелом на лицевой стороне кожи в прямоугольник минимальной площади. При создании автоматической раскладки с помощью библиотеки OpenCV можно выявить отмеченные на коже дефекты и с учетом этого расположить детали комплекта. Исходное изображение кожи можно получить посредством устройства Kinect v1. Подробный алгоритм генерации матрицы изображения описан в статье [5].

Рассмотренную библиотеку можно использовать при проектировании и построении раскладки, что приведет к снижению ручной работы технолога и конструктора.

## Литература

1. *Гуляшов А.В.* Совершенствование методов компьютерного проектирования кожгалантерейных изделий, М.: 2010.
2. *Муртазина А.Р., Разин И.Б.* Программное обеспечение для векторизации чертежей. / Сборник научных трудов аспирантов. Вып.20. – М.:

ФГБОУ ВПО «МГУДТ», 2014. – С.70-75.

3. *David A. Forsyth and Jean Ponce*, Computer Vision: A Modern Approach, Pearson Education, Limited, 2011.

4. Роль науки в развитии общества: сборник статей Международной научно-практической конференции (5 марта 2015 г., г. Уфа) в 2 ч. Ч.1/ - Уфа: Аэтерна, 2015. – С.18-22.

5. *Оганезов К.В., Разин И.Б.* Распознавание контуров кож с использованием камеры microsoft kinect v1. / Сборник научных трудов аспирантов. Вып.20. – М.: ФГБОУ ВПО «МГУДТ», 2014. – С.75-79.

## **СТАТИСТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ДЕЛЕНИЯ МАТЕРИАЛЬНЫХ ПОТОКОВ**

***Севостьянов П.А., Самойлова Т.А., Монахов В.В.***

**Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия**

Многие производственные процессы различных областей промышленности содержат переходы, в которых происходит разделение материальных потоков, поступающих на вход производственного оборудования перехода. Как правило, и поступающий поток, и доли или порции, на которые разделяется этот поток, содержат случайную составляющую.

Известно [1], что при сложении некоррелированных случайных величин относительная вариация суммы меньше, чем относительная вариация каждого из слагаемых [2]. Наоборот, при делении случайной величины на отдельные слагаемые относительная вариация каждого слагаемого может быть как больше, так и меньше вариации разделяемой величины [3]. Поэтому изучение статистических особенностей деления потоков важно как с теоретической, так и с практической стороны задачи [4].

Как правило, в технологическом процессе важно обеспечить минимальную вариабельность свойств материального потока [2, 5]. Стабильность свойств потока обеспечивает не только стабильность производства, но и является необходимым условием высокого качества продукции. Следовательно, изучение взаимосвязи между неравномерностью деления и неравномерностью материального потока является основой для создания эффективной системы управления технологическими процессами на данном переходе производственной цепочки.

Отметим, что деление исходного потока может быть выполнено различными образом: непрерывно, порционно, циклически, хаотически и многими другими способами [4, 6]. Опишем некоторые из этих способов математически. Для определенности далее будем рассматривать линейную плотность материального потока и деление ее по выходящим потокам. Обозначим  $g(t)$  линейную плотность потока на входе,  $g_i(t)$  линейную плотность  $i$ -го потока после деления.

Рассмотрим деление потока непрерывным образом. Обозначим  $a_i(t)$  долю линейной плотности исходного потока, которая ушла в  $i$ -й поток. Эта доля равна  $a_i(t) = g_i(t) / g(t)$ . Коэффициент вариации линейной плотности  $i$ -го потока может быть выражен через средние значения, среднеквадратические отклонения и коэффициенты вариации исходного потока и доли. Сначала запишем соотношение между плотностями и долями через абсолютные вариации относительно средних значений  $dg_i(t) = da_i(t) g(t) + a_i(t) dg(t)$ .

При нулевых вариациях доли, т.е. при  $da_i(t) = 0$ , относительная вариация плотности выходящего потока равна относительной вариации исходного потока

$$\delta g_i(t) = \frac{dg_i(t)}{mg_i} = \frac{a_i(t)dg(t)}{a_i(t)mg} = \frac{dg(t)}{mg} = \delta g(t).$$

Здесь  $mg$  – среднее значение плотности исходного потока. Ниже величины с символом  $m$  означают средние величины соответствующей переменной.

Отсюда следует, что дисперсия плотности  $i$ -го потока после деления уменьшается в  $a_i^2(t)$  раз, а коэффициенты вариации исходного потока и  $i$ -го потока после деления одинаковы  $CVg_i(t) = CVg(t)$ .

Вычислим дисперсию плотности  $i$ -го потока после деления с учетом случайных вариаций доли отделяемого потока. В этом случае

$$Dg_i(t) = mg \cdot Da_i(t) + ma_i \cdot Dg(t) + 2\sqrt{Da_i(t) \cdot Dg(t)} \cdot ma_i \cdot mg \cdot R_{ag}$$

В этой формуле  $R_{ag}$  – коэффициент корреляции между плотностью исходного потока  $g(t)$  и долей отделяемого потока  $g_i(t)$  в момент отделения  $t$ . Если принять, что корреляция между этими величинами отсутствует, то формула упрощается

$$Dg_i(t) = mg^2 \cdot Da_i(t) + ma_i^2 \cdot Dg(t).$$

В этом случае квадрат коэффициента вариации  $i$ -го потока после деления равен

$$CV^2 g_i(t) = \frac{Dg_i(t)}{(mg_i)^2} = \frac{Dg_i(t)}{(ma_i \cdot mg)^2} = CV^2 a_i(t) + CV^2 g(t).$$

При корреляции между плотностью исходного потока  $g(t)$  и долей отделяемого потока  $g_i(t)$  аналогичным образом получим

$$CV^2 g_i(t) = CV^2 a_i(t) + CV^2 g(t) + 2CVa_i(t) \cdot CVg(t) \cdot R_{ag}.$$

Из этих формул следует, что при отсутствии корреляции между плотностью исходного потока и долей отделяемого потока, при  $R_{ag} = 0$ , не-

равномерность плотности отделяемого потока всегда выше, чем исходного потока.

При наличии корреляции между плотностью исходного потока и долей отделяемого потока неравномерность отделяемого потока зависит от знака коэффициента корреляции. При положительной корреляции неравномерность отделяемого потока может возрасти при  $R_{ag} = 1$  до величины

$$CVg_i(t) = CVg(t) + CVa_i(t).$$

Наоборот, при отрицательных значениях  $R_{ag}$  неравномерность отделяемого потока может уменьшиться, и при  $R_{ag} = -1$  достичь величины

$$CVg_i(t) = |CVg(t) - CVa_i(t)|.$$

Заметим, что если в этом случае коэффициенты вариации  $CVg(t)$  и  $CVa_i(t)$  одинаковы, то неравномерность отделяемого потока может быть сведена до минимума (теоретически, стать равной нулю).

В отличие от непрерывного разделения исходного потока на отделяемые потоки, в случае, например, порционного деления, аналитическая оценка преобразования неравномерности плотности потока при делении встречается с немалыми трудностями. Опишем формирование отделяемого  $i$ -го потока при равных по продолжительности интервала времени отделения порциях.

Обозначим  $T$  – продолжительность отбора порции из исходного потока в  $i$ -й отделяемый поток при разделении исходного потока на  $n$  потоков. Моменты времени начала  $ts_i$  и конца  $tf_i$  отделения будут равны

$$ts_i = iT + nT; \quad tf_i = (i + 1)T + nT.$$

В результате функция, описывающая изменения плотности  $i$ -го отделяемого потока, представляет собой «склежку» фрагментов функции  $g(t)$ , вырезанных из нее моментами времени начала  $ts_i$  и конца  $tf_i$  отделения порций.

Формально такую «склежку» можно записать в виде суммы произведений функции  $g(t)$  и смещенных единичных функций Хевисайда  $Y(t - t_i)$ , у которых скачок значения с 0 на 1 происходит в момент  $t_i$

$$g_i(t) = \sum_n g(t)(Y(t - iT - nT) - Y(t - (i + 1)T - nT)).$$

Учитывая общие формулы для дисперсии и корреляционной функции вероятностных процессов, легко убедиться, что выполнить аналитические преобразования с доведением их до конечных выражений представляет немалые трудности и вряд ли может представить интерес с учетом возможностей современных методов компьютерного моделирования [6, 7].

В отличие от аналитических преобразований, разработка и программная реализация алгоритма имитации деления исходного потока для

любых видов деления не представляет сложностей. Такой алгоритм включает следующие шаги:

1. Генерация вектора упорядоченных по времени значений линейной плотности исходного потока  $g(t)$ ,  $t = 0, 1, \dots, Tm$ . Здесь шаг квантования времени принят равным единице  $dt = 1$ , а квантованное время меняется от нуля до окончания модельного времени  $Tm$ . При моделировании случайного вектора учитываются его известные или предполагаемые вероятностные и статистические характеристики неравномерности, коррелированности и частотного состава.

2. Последовательное движение по элементам вектора  $g(t)$ ,  $t = 0, 1, \dots, Tm$  и имитация значений плотности  $g_i(t)$ , отделяемых в  $i$ -й поток в соответствии с моделируемым видом деления потока. «Приклейка» смоделированных значений к формируемым массивам - векторам значений плотности отделяемых потоков.

3. Расчет оценок статистических характеристик модельных потоков: исходного и отделяемых. Оценка ошибок оценивания и, в случае необходимости, коррекция шага квантования времени и длины моделируемых векторов.

#### Литература

1. Пугачев В.С. Теория случайных функций и ее применение к задачам автоматического управления. Изд. 3-е, испр. – М.: Гос. изд-во физ. – мат. лит., 1962. – 883 с.

2. Севостьянов А.Г. Составление смесок и смешивание в хлопкопрядильном производстве. – М.: Гизлегпром, 1954. – 191 с.

3. Ванчиков А.Н. Справочник по переработке химических волокон по хлопчатобумажной системе. – М.: Легкая индустрия, 1970. – 245 с.

4. Будников В.И. Процесс деления в механическом прядении / Будников В.И. – М.: Легкая индустрия, 1965. – 274 с.

5. Севостьянов А.Г., Севостьянов П.А. Моделирование технологических процессов (в текстильной промышленности). – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 344 с.

6. Подрезова В.И. Компьютерное моделирование процессов деления потоков и управление ими / дисс. ... канд. техн. наук, М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, спец. 05.13.06. 2008. – 150 с.

7. Севостьянов П.А. Компьютерное моделирование технологических систем и продуктов прядения. – М.: Информ-Знание, 2006. – 447 с.: ил.; 25 см. – Библиогр.: С.421-442.

## СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ НАТЯЖЕНИЕМ ОСНОВЫ НА ОСНОВОВЯЗАЛЬНЫХ МАШИНАХ

*Викторов Е.К., Павлычев С.Ю., Катманов А.А., Егоров С.А.*  
Ивановский государственный политехнический университет, Россия

Обеспечение минимального трения между рабочими органами трикотажных машин и нитью является актуальной задачей [1, 2, 3, 4]. В процессе изготовления трикотажных изделий на основовязальных машинах необходимо обеспечить изменение величины натяжения основы в зависимости от угла поворота главного вала технологического оборудования [5, 6]. Одним из способов решения этой задачи является использование кулачкового механизма, управляющего положением механизмов натяжения основы, выполненных в виде бремзы.

Использование кулачка для управления углом поворота бремзы в функции от угла поворота главного вала имеет как преимущества, так и недостатки. Преимуществом является сравнительная простота конструкции системы управления натяжением и отсутствие необходимости использования дополнительных источников энергии для ее функционирования. Недостатками являются: сложность изготовления кулачка для обеспечения заданного  $F1$  закона изменения угла поворота бремзы, невозможность технологической перенастройки оборудования без замены кулачка и относительно быстрый выход кулачковой пары из нормального режима эксплуатации вследствие износа поверхности кулачкового механизма.

Устранение указанных недостатков можно выполнить, заменив механическое управление углом поворота бремзы на электромеханическую систему управления, которая может включать в себя датчик угла поворота главного вала, датчики угла поворота бремзы, блок формирования заданной функциональной зависимости и исполнительный механизм. В качестве датчиков угла поворота можно использовать абсолютные энкодеры, разрешающая способность которых должна обеспечивать требуемую точность контроля угла поворота.

Анализ существующего механизма позволяет рекомендовать энкодер, имеющий дискретность 1024 отсчетов на  $360^\circ$ . Для обеспечения формирования зависимости  $F1(\beta)$  можно использовать программируемый микроконтроллер, который будет выполнять функции приема информации с датчиков, формирования управляющего воздействия на исполнительный механизм и контроля достижения заданного угла поворота рабочих органов.

Система включает в себя датчик угла поворота главного вала, микроконтроллерный блок обработки информации, датчики угла поворота бремзы, исполнительные механизмы, управляющие поворотом бремзы.

Исполнительные механизмы могут представлять из себя, например, шаговые двигатели, посредством шариковинтовой передачи через кардан-

ный шарнир соединенные с соответствующими тормозами. В качестве датчиков могут использоваться абсолютные энкодеры, выходной сигнал которых поступает на порты ввода данных микроконтроллерного блока. Микроконтроллерный блок считывает код датчика и формирует выходной код для исполнительных механизмов, используя для формирования этого кода функции  $F1$  и  $F1'$ , где  $F1$  и  $F1'$  – соответственно функции преобразования угла поворота главного вала в угол поворота первой тормозы и второй тормозы. После формирования выходного кода, через некоторый промежуток времени, достаточный для поворота тормозы на заданный угол, выполняется считывание сигналов с датчиков. Измеренные значения сравниваются с рассчитанными величинами, и, в необходимых случаях, происходит корректировка положения тормозы путем передачи сигналов коррекции на исполнительные механизмы. После завершения коррекции вновь происходит считывание кода с датчика и цикл управления повторяется. Длительность цикла обработки информации и управления положением тормозы выбирается таким образом, чтобы изменение положения рабочих органов (тормозы) происходило за незначительные промежутки времени (порядка десятков миллисекунд).

Важным преимуществом микропроцессорной электромеханической системы управления натяжением основы на основовязальных машинах является возможность оперативного изменения зависимости изменения функции натяжения основы от угла поворота главного вала.

### Выводы

1. Применение микропроцессорной электромеханической системы управления натяжением основы позволяет отказаться от дорогостоящего и относительно недолговечного кулачкового механизма, сложного в изготовлении.

2. Применение микропроцессорной системы управления позволяет оперативно изменять зависимость натяжения основы от угла поворота главного вала, что дает возможность гибкого формирования ассортимента выпускаемой продукции.

### Литература

1. Алешин Р.Р., Егоров С.А., Корчагин Г.И. Повышение эффективности парафинирования пряжи при изготовлении трикотажа // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2011. – № 6. – С.149-152.

2. Егоров С.А. Взаимодействие текстильного волокнистого продукта с рабочими органами текстильных машин. – Иваново: ИГТА, 2005. – 152 с.

3. Киселев Б.Р., Егоров С.А. Работоспособность металлоплакирующих смазочных материалов в узлах трения. – Иваново: ИГХТУ, 2011. – 143с.

4. Гуляев Е.С., Прокопенко А.К. Возможные решения проблемы износа деталей механических систем и исполнительных органов оборудования текстильного производства // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012. – № 1 (337). – С.108-110.

5. Глазунов В.Ф., Куленко М.С. Редуцирование математических моделей петлеобразователей в системе управления натяжением ткани // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2008. – № 5. – С.90-93.

6. Глазунов В.Ф., Соломаничев М.А., Репин А.А. Моделирование системы управления намоткой ткани с фаззи-регулятором // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2008. – № 6. – С.90-94.

## **КОМПЬЮТЕРНЫЙ АНАЛИЗ ДЕФОРМИРОВАНИЯ ПАРУСНОЙ МЕМБРАНЫ**

*Беспалов М.Е., Минаева Н.В.*

**Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия**

Современные технологии автоматизированного проектирования композитных парусных материалов опираются на результаты численного моделирования напряженно-деформированного состояния выпуклой оболочки, испытывающей аэродинамическое давление со стороны турбулентных потоков.

Решение подобной комплексной гидромеханической задачи требует применения современных компьютерных средств автоматизированного инженерного анализа и оптимизации конструкции парусного полотна.

В настоящее время в области парусных САПР наблюдается повсеместный переход к технологиям разработки интегрированных программных комплексов, сочетающих возможность виртуального моделирования воздушных потоков, влияющих на эффективность работы паруса, и численного анализа деформирования композитного паруса. Подобные комплексы, в первую очередь, разработаны флагманами современного парусостроения, а именно, фирмами North Sails One Design (проект Membrain), SMAR-Azure (проект AZURE PROJECT). При этом прорывные коммерческие решения в данной области достаточно уверенно могут опереться на научный задел отечественных авторов в области исследования теории паруса и моделирования современных тканевых композитных материалов [1].

В данной работе исследовались свойства аэроупругого деформирования спинакера на основе его мембранной модели.

В соответствии с выбранным подходом не принималась во внимание изгибная жёсткость парусного материала. Исследования проводились в предположении линейно-упругого ортотропного деформирования.

В данной работе в качестве программных инструментальных средств

компьютерного моделирования обдува парусной мембраны применена CFD библиотека OpenFOAM (RANSE-модель турбулентности). Средствами этой библиотеки формировалась конечно-элементная расчётная сетка вычислительной газодинамики.

Интерполированные значения внутреннего давления на парусную мембрану использовались в качестве исходных данных при решении задачи компьютерного анализа напряженно-деформированного состояния материала мембраны. В качестве инструментальной платформы для проведения такого анализа была использована среда Elmer. Для проведения вычислительного эксперимента в соответствии с концепцией сквозной САПР было разработано оригинальное программное обеспечение на языке Python.

В результате проведённого вычислительного эксперимента получены эпюры напряжений и деформаций в мембранной конечно-элементной модели спинакера в условиях нагружения со стороны окружающих парус потоков, характерных для основных рабочих режимов паруса.

Полученные результаты предполагается использовать при структурном автоматизированном проектировании парусов из композитных материалов, а также при оценке эффективности применения современного парусного вооружения.

#### Литература

1. Щербакова А.О. Тканевый композит. Оценка упругодиссипативных характеристик \ Вестник ЮУрГУ. Серия: «Математика. Механика. Физика». Выпуск №2 / том 6 / 2014. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ. – 85 с.

### **РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ СЧИТЫВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МАШИНЫ ТРЕНИЯ**

***Катаманов А.А., Иванов А.В., Егоров С.А., Викторов Е.К.***  
Ивановский государственный политехнический университет, Россия

Исследование смазочных материалов для технологического оборудования проводится в лабораторных условиях. Для этих целей используют маятниковый трибометр, который позволяет проводить измерения момента трения путем измерения угла отклонения маятника, закрепленного на оси вращения [1, 2, 3].

Для исследования и регистрации процессов, происходящих между трущимися поверхностями, была разработана система измерения, состоящая из установки для моделирования машины трения и микропроцессорной системы регистрации результатов измерений.

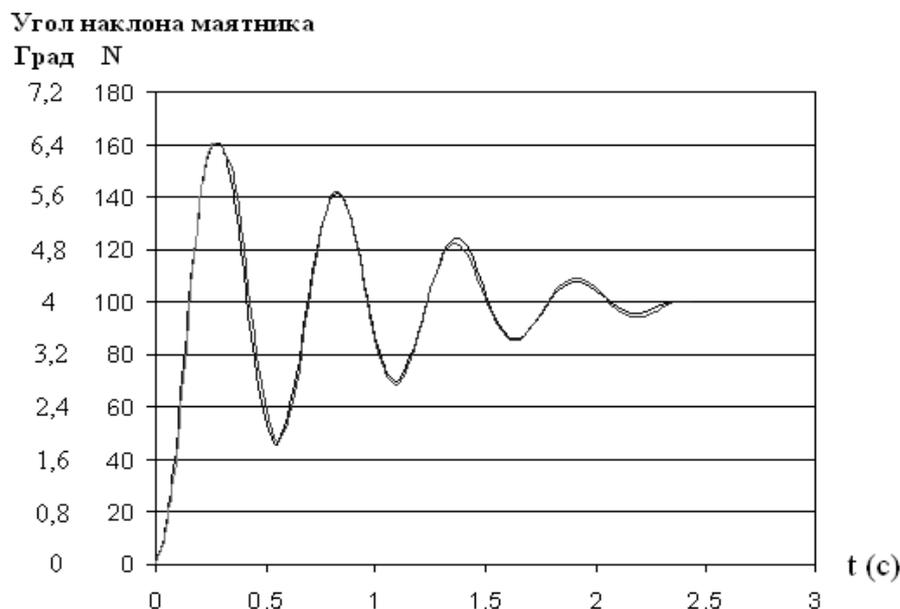
В системе измерения используется цифровой датчик угла наклона, состоящий из неподвижной прозрачной шкалы с нанесёнными на неё мет-

ками и оптического датчика, работающего на просвет, закреплённого на подвижном маятнике. Датчик представляет собой инкрементный энкодер. В данном устройстве механическое перемещение маятника преобразовывается в электрические сигналы, дающие информацию об угле поворота и направлении движения. Для определения направления движения применяются два измерительных канала («синусный» и «косинусный»), в которых идентичные последовательности импульсов сдвинуты на  $90^\circ$  относительно друг друга.

Цифровой сигнал с энкодера, после инвертирования, подаётся на вход 8-разрядного микроконтроллера PIC16F887 фирмы Microchip. Микроконтроллер подключен к персональному компьютеру с помощью COM порта, по которому осуществляется передача данных. Преобразование уровней сигналов между контроллером и COM портом осуществляется с помощью специализированной микросхемы MAX232.

В процессе проведения измерения включение двигателя установки на определённое время осуществляется с помощью реле, подключенного к выходу контроллера.

На рис.1 показан график переходного процесса, возникающего при запуске машины трения. По оси Y шкала проградуирована в градусах угла отклонения маятника и в отсчётах цифрового датчика угла поворота.



**Рис. 1. Графики переходного процесса**

На основе графика переходного процесса была разработана аналитическая модель устройства, учитывающая внутренние факторы, такие как нагрузка, физические параметры маятника и смазочный материал.

Был получен график аппроксимирующей функции кривой переходного процесса маятника, состоящей из кривой разгона и торможения. При сравнении наблюдаем их идентичность.

Рассмотрим аппроксимирующую функцию кривой разгона маятника

в численной и аналитической формах:

$$y = 160 \cdot \sin^2(5,8t);$$

$$y = A \cdot \sin^2(\omega t),$$

где  $A$  – максимальное отклонение маятника,  $\omega$  – циклическая частота колебательной системы. Амплитуда показывает соотношение подводимой от двигателя и затрачиваемой на трение мощностей и является точкой перехода статического трения в динамическое. Амплитуда зависит от мощности и скорости двигателя, коэффициента трения поверхностей, силы нагружения, массы и геометрических размеров плеч маятника. Частота характеризует маятник, как колебательную систему и зависит от массы и геометрических размеров плеч маятника, скорости вала.

После сравнения графиков реального процесса разгона и полученной функции был вычислен коэффициент корреляции. Он оказался равен 0,999.

Рассмотрим аппроксимирующую функцию кривой торможения маятника в численной и аналитической формах.

$$y = 60 \cdot (\cos(12e^{-0,02t} \cdot t) \cdot e^{-0,9t^{\frac{3}{2}}}) + 100;$$

$$y = A \cdot (\cos(\omega \cdot e^{-d_1 t} \cdot t) \cdot e^{-d_2 t^{\frac{3}{2}}}) + \arcsin\left(\frac{\mu Pl}{mgL}\right),$$

где  $A$  – максимальное отклонение маятника,  $\omega$  – циклическая частота колебаний.  $d_1$  – коэффициент коррекции частоты,  $d_2$  – Коэффициент затухания колебаний,  $\mu$  – коэффициент трения,  $P$  – нагрузка на узел трения,  $l$  – радиус подвижного нитепроводника,  $m$  – масса маятника,  $g$  – ускорение свободного падения  $L$  – расстояние от оси вращения до центра масс маятника.

Функция состоит из функции экспоненциально затухающего гармонического колебания с звеном коррекции частоты и вертикального смещения графика на конечный угол отклонения.

После сравнения графиков реального процесса торможения и полученной функции, для сравнения графиков был вычислен коэффициент корреляции 0,9988.

## Выводы

Разработанная модель машины трения, система обработки сигнала и программное обеспечение для ее функционирования позволяют оценить величины силы трения покоя и силы трения скольжения, а также выполнять исследования изменения этих сил при различных условиях трения и испытания смазочного материала.

## Литература

1. Егоров С.А., Шибнев А.А., Чернышова Т.А. Исследование износостойкости дисперсноупрочненных композиционных материалов // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012. – № 3. – С. 125-128.

2. Егоров С.А., Шибнев А.А., Чернышова Т.А., Кобелева Л.И., Болотова Л.К. Композиционный материал для изготовления ротора пневмопрядильной машины БД-200 // *Материаловедение*. – 2012. – № 11. – С. 42-46.

3. Алешин Р.Р., Егоров С.А., Корчагин Г.И. Повышение эффективности парафинирования пряжи при изготовлении трикотажа // *Известия вузов. Технология текстильной промышленности*. – 2011. – № 6. – С. 149-152.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПОДСИСТЕМЫ САПР ПАРАМЕТРОВ МОДЕЛИ БАТАННОГО МЕХАНИЗМА ТКАЦКОГО СТАНКА

*Ветрова О.А., Кузьмина Т.М., Харитонов А.К.*

Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

Рассматриваются проблемы исследования автоматизированной подсистемы параметров модели батанного механизма ткацкого станка.

Батанный механизм ткацкого станка обеспечивает правильное движение челнока. Одной из основных технологических операций ткачества является процесс прибой уточных нитей к опушке ткани. Прибой утка осуществляется батанным механизмом.

Кинематическая модель указанного механизма включает в себя входное звено, промежуточные звенья и выходное звено. Для упрощения расчетов все звенья пронумерованы. Кинематический анализ заключается в определении трех характерных параметров каждого звена механизма. Для расчета параметров составляются обыкновенные дифференциальные уравнения, решения которых можно определить с помощью метода Рунге-Кутты четвертого порядка из математического пакета MathCAD.

Задачей динамического исследования машинного агрегата является определение закона движения входного звена механизма от действия сил на звенья механизма с учетом масс и моментов инерции звеньев.

Если известны  $\varphi_1(t)$  – угол поворота звена 1,  $\omega_1(t)$  – угловая скорость звена 1,  $\varepsilon_1(t)$  – угловое ускорение звена 1, то известен закон движения звена 1. Зная закон движения первого звена, можно определить законы движения остальных звеньев. За звено приведения принимаем кривошип.

Рассмотрим задачу в предположении, что машинный агрегат приводится в движение от электродвигателя. Электродвигатель трехфазный, асинхронный, переменного тока, с короткозамкнутым ротором.

Пусть синхронная угловая скорость ротора электродвигателя равна угловой скорости вращения электромагнитного поля статора; номинальная угловая скорость ротора электродвигателя имеется в паспорте электродвигателя; критическая угловая скорость ротора электродвигателя, соответствует максимальному движущему моменту. Номинальный движущий момент определяется соотношением, где  $N_n$  – мощность электродвигателя,  $M_n$  – пусковой момент, который возникает на роторе электродвигателя при  $\omega_n = 0$ .

Причем,  $M_d = \frac{2 \cdot M_{дк}}{S/S_k + S_k/S}$ ;  $S = \frac{\omega_{дс} - \omega_{дк}}{\omega_{дс}}$ , где  $S$  - коэффициент скольжения ротора;  $S_k$  - коэффициент скольжения ротора, соответствующий максимальному движущему моменту. У нас сила сопротивления постоянна, т.е.

$$F_c = const, \text{ тогда } A = \int_0^s F_c \cdot d_s.$$

В частном случае  $A_c = F_c \cdot S_m$ ,  $N_c = \frac{A_c}{T}$ ;  $T = \frac{2\pi}{\omega_1^n}$ . Подбор электродвигателя осуществляется по мощности и по номинальной угловой скорости  $N_d = \frac{N}{\eta} \cdot 1,3$ . За звено приведения принимаем звено 1. Угловая скорость первого звена равна  $\omega_{1н} = \frac{\omega_{дн}}{U_p}$ , где  $U_p$  передаточное отношение редуктора.

Запишем уравнение движения машинного агрегата в интегральной форме:

$$\sum_{i=1}^n T_i - \sum_{i=1}^n T_{0i} = \sum_{i=1}^n A_k,$$

где  $T_i$  - кинетическая энергия  $i$ -го звена машинного агрегата в некотором положении;  $T_{0i}$  - кинетическая энергия  $i$ -го звена машинного агрегата в начальном положении;  $A_k$  - работа кинетической силы.

Тогда

$$\frac{J^{np} \cdot \omega_{1н}^2}{2} - \frac{J_0^{np} \cdot \omega_{10}^2}{2} = \int_{\varphi_{10}}^{\varphi_1} M^{np} \cdot d\varphi,$$

где  $J^{np}$  - приведенный момент инерции машинного агрегата;  $J_0^{np}$  - приведенный момент инерции машинного агрегата в начальном положении;  $\omega_{1н}$  - угловая скорость первого звена;  $\omega_{10}$  - угловая скорость первого звена в начальном положении;  $M^{np}$  - приведенный момент сил.

Все массы и моменты инерции приводим к первому звену и превращаем в  $M^{np}$ . Все силы и моменты сил приводим к первому звену и превращаем в  $J^{np}$ . Приведенным моментом инерции машинного агрегата называется такая расчетная величина, кинетическая энергия которой равна сумме кинетических энергий звеньев машинного агрегата.

$$\begin{aligned} \frac{J^{np} \cdot \omega_1^2}{2} &= \sum_{i=1}^n T_i ; \quad J^{np} = \frac{2}{\omega_1^2} \sum_{i=1}^n T_i ; \\ J^{np} &= \frac{2}{\omega_1^2} \sum_{i=1}^n \left( \frac{m_i \cdot V_{si}^2}{2} + \frac{J_S \cdot \omega_i^2}{2} \right) ; \\ J^{np} &= \sum_{i=1}^n \left( m_i \left( \frac{V_{si}}{\omega_1} \right)^2 + J_S \left( \frac{\omega_i}{\omega_1} \right)^2 \right) \\ J^{np} &= J_{S_1} + m_2 \cdot \left( \frac{V_{S_2}}{\omega_1} \right)^2 + J_{S_2} \cdot \left( \frac{\omega_2}{\omega_1} \right)^2 + m_3 \cdot \left( \frac{V_{S_3}}{\omega_1} \right)^2 + J_p \cdot \left( \frac{\omega_d}{\omega_1} \right)^2 . \end{aligned}$$

Отношение скоростей называется передаточной функцией. Передаточная функция есть величина, независящая от скоростей движения звеньев, а зависящая от положения звеньев.

Приведенным моментом сил называется такая расчетная величина, мгновенная мощность которой равна сумме мгновенных мощностей сил и моментов сил, действующих на звенья механизма.

$$\begin{aligned} M^{np} \cdot \omega_1 &= \sum_{k=1}^m N_k \\ M^{np} \cdot \omega_1 &= \sum_{k=1}^m (F_k \cdot V_k G_2 \cdot \cos(\vec{F}_2 \vec{V}_{S_2})) \cdot M_k \cdot \omega_k \\ M^{np} &= \sum_{k=1}^m (F_k \cdot \frac{V_k}{\omega_1} \cdot \cos(\vec{F}_2 \vec{V}_{S_2})) \cdot M_k \cdot \frac{\omega_k}{\omega_1} \\ M^{np} &= G_2 \cdot \frac{V_{S_2}}{\omega_1} \cdot \cos(\vec{G}_2 \vec{V}_{S_2}) - F \cdot \frac{V_C}{\omega_1} + M_d \cdot \frac{\omega_d}{\omega_1} . \end{aligned}$$

Для расчетной схемы получаем  $M_C^{np} = G_2 \cdot \frac{V_{S_2}}{\omega_1} \cdot \cos(\vec{G}_2 \vec{V}_{S_2}) + M_d \cdot \frac{\omega_d}{\omega_1}$ .

Осуществив операцию приведения масс, моментов инерции сил и моментов сил, мы перешли от реальной схемы к одномассовой динамической модели.

Уравнение движения машинного агрегата в дифференциальной форме имеет вид:

$$\begin{aligned} dT &= dA ; \\ d\left(\frac{J^{np} \cdot \omega^2}{2}\right) &= M_{np} d\varphi ; \end{aligned}$$

$$\frac{d}{d\varphi} \left( \frac{J^{np} \cdot \omega^2}{2} \right) = M_{np};$$

$$\frac{1}{2} J^{np} \cdot 2\omega \cdot \frac{d\omega}{d\varphi} + \frac{\omega^2}{2} \cdot \frac{dJ^{np}}{d\varphi} = M^{np};$$

$$J^{np} \cdot \omega \cdot \frac{d\omega}{d\varphi} + \frac{\omega^2}{2} \cdot \frac{dJ^{np}}{d\varphi} = M_{\delta}^{np} - M_C^{np};$$

$$\frac{d\omega}{d\varphi} = \frac{M_{\delta}^{np} - M_C^{np} - \frac{\omega^2}{2} \cdot \frac{dJ^{np}}{d\varphi}}{J^{np} \cdot \omega}.$$

Это уравнение может быть использовано на стадии установившегося движения.

При проектировании машины необходимо стремиться к тому, чтобы коэффициент неравномерности  $\delta$  был по возможности меньше, т.е.

$$\delta = \frac{\omega_{max} - \omega_{min}}{\omega_{cp}}.$$

Вычислим угловые скорости:

$$\varepsilon = \frac{d\omega}{d\varphi} \cdot \omega; \quad \omega = \frac{d\varphi}{dt}; \quad dt = \frac{1}{\omega} d\varphi; \quad t = \int_0^{\varphi} \frac{1}{\omega} d\varphi.$$

Для вычисления  $\frac{dJ^{np}}{d\varphi}$  нужно осуществить следующие шаги.

1. Представить приведенный момент инерции в виде функции  $J^{np}(\varphi)$ . Вычислить  $M_C^{np}(\varphi)$ ,  $J^{np}(\varphi)$ ,  $\frac{dJ^{np}}{d\varphi}(\varphi)$  с помощью численных методов.

2. Провести интерполирование приведенного момента инерции.

3. Интерполировать приведенный момент сил с помощью кубического сплайна.

Расчеты и интерполяция проводятся с помощью пакета MathCAD.

Необходимо определить факторы, влияющие на неравномерность движения механизма. Анализ дифференциального уравнения движения механизма показывает, что основными факторами, влияющими на неравномерность движения, являются:

-величина приведенного момента инерции (чем она больше, тем меньше амплитуда угловых ускорений);

-характер изменения производной (чем меньше амплитуда и чем

больше период ее изменения, тем меньше градиенты углового ускорения).

Таким образом, для уменьшения неравномерности движения необходимо обеспечить постоянство приведенного момента инерции и  $x_c^{max} - x_c^{min} \rightarrow \min$ ;  $y_c^{max} - y_c^{min} \rightarrow \min$ , где  $x_c, y_c$  – центр масс всего механизма.

Данные условия могут быть получены за счет увеличения приведенного момента инерции механизма и уменьшения амплитуды его изменения. Это достигается постановкой на ведущее звено массивного маховика и (или) облегчением остальных звеньев механизма.

В результате исследования разработан программный проект, позволяющий рассчитать параметры кинематической и динамической модели батанного механизма. Для расчёта использован математический пакет MathCAD. В дальнейшем предполагается расширить программный проект: включить графики, большее число расчетных параметров, базу данных многозвенных механизмов.

## **ОЦЕНКА КАЧЕСТВА СМЕШИВАНИЯ НАТУРАЛЬНЫХ И ХИМИЧЕСКИХ ВОЛОКОН**

*Виниченко С.Н., Казарова А.Д.*

Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

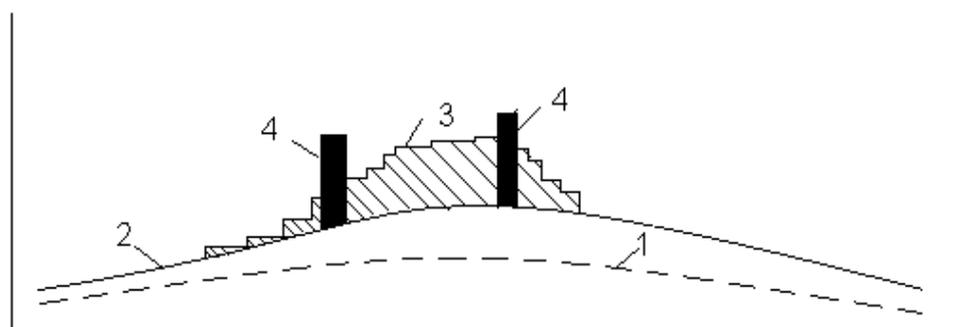
Для поддержания предприятиям текстильной отрасли конкурентоспособности на внутреннем и внешнем рынках необходимо осуществлять контроль качества выпускаемой продукции. Одной из важнейших задач является выработка пряжи или ленты с заданными параметрами и свойствами, при этом процесс смешивания разнородных волокон играет основную роль.

В настоящее время оценка качества параметров смешивания волокон осуществляется только в лабораторных условиях. Так на «Троицкой камвольной фабрике» применяется химический анализ, который основан на растворении одного из компонентов определенным химическим реактивом, что позволяет оценить состав, но не позволяет определять смеси с близким химическим составом и не дает оценки степени перемешивания волокон.

Проводимые ранее исследования в области оценки степени смешивания волокон в продуктах прядения позволили определить различные методы и средства контроля смеси. Полное представление о всех методах, их идентичных сторонах и, самое главное, возможностях, можно составить, рассмотрев метод А.Г. Севостьянова, где для количественной оценки степени перемешивания компонентов смеси волокон используются две характеристики: секториальная и радиальная квадратическая неровнота. Данный

метод является универсальным и обладает большей информативностью в сравнении с другими. Однако метод А.Г. Севостьянова, так же как и другие методы, образованные на анализе сечений продуктов, требуют специальной подготовки образцов для исследований, заключающейся либо в получении фотографии, либо в получении срезов, а, следовательно, направлены на проведение оценки качества смешивания в лабораторных условиях. Особое внимание заслуживают ряд ранее предложенных устройств для контроля состава волокнистых материалов, использующих инфракрасное излучение, т.е. ИК – спектроскопию. Принцип действия данных устройств основан на определении длины волн световых потоков, которые соответствуют максимумам поглощения компонентов смеси пряжи или ленты.

Метод спектрального анализа уже нашел свое применение в определении неровноты ленты, ровницы и пряжи. Проведенные исследования образцов и оборудования на «Троицкой камвольной фабрике» показали, что спектр идеального продукта представляет собой спектр волн, показывающий неровноту по толщине образцовой пряжи, а нормальный фактический спектр отражает неровноту, полученную при оптимальных режимах работы, и всегда выше спектра идеального (рис.1).



**Рис. 1.**

**1 – идеальный спектр; 2 – нормальный спектр; 3 – несимметричный горб (непериодическая неровнота); 4 – пики(периодическая неровнота)**

В зависимости от источника возникновения дефекта на спектре наблюдается несимметричный горб или пики, что характеризует непериодическую или периодическую неровноту соответственно. Для качественной продукции высота пика периодической неровноты не должна превышать высоту базового спектра более чем на 50%. «Горбы» и «пики» указывают на нарушения в работе: неправильно выбранные параметры работы, механические дефекты деталей.

Минусом способа контроля качества, основанного на определении неровноты по толщине, является невозможность оценки распределения волокон по длине пряжи или ленты в зависимости от долевого содержания

компонентов. В связи с чем возникает необходимость разработки неразрушающих экспрессных методов контроля распределения волокон в продуктах прядения.

Поэтому сотрудниками кафедры автоматики и промышленной электроники совместно с «Ведущим научно-исследовательским институтом по химическим технологиям» (АО "ВНИИХТ") проводится спектральный анализ образцов пряжи, ровницы и ленты для установления зависимости длины волн натуральных и химических волокон, а также влияния различных факторов на изменение спектра. Данный анализ позволит определить изменение спектра в зависимости от состава различных однородных натуральных волокон, от влажности продукта, от различия окраса ленты или пряжи и т.д.

На основе данных исследования в дальнейшем планируется реализация системы контроля параметров смешивания многокомпонентного волокнистого материала, что позволит оптимизировать технологический процесс смешивания и тем самым повысить качество продуктов прядения.

## **ПЛАНИРОВАНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕННЫМ 3D-РЕНДЕРИНГОМ**

*Борзунов Г.И., Фирсов Д.А., Кавецкая Н.Б.*

**Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия**

Известно, что выполнение 3D-визуализации (3D-рендеринга) является одной из самых ресурсоёмких задач, которая требует больших вычислительных затрат и соответствующего специализированного программного обеспечения [1]. Наиболее распространённым способом преодоления этих трудностей является использование распределённых вычислений [1-2]. При этом применяется технология MPI, основанная на синхронизации работы вычислительных узлов (процессоров) при помощи обмена сообщениями. Но организация взаимодействия вычислительных узлов кластера при помощи передачи сообщений может приводить к значительным временным потерям. Другим важнейшим фактором, определяющим эффективность распределённых вычислений, является равномерное распределение вычислительной нагрузки между процессорами [3,4]. Таким образом, эффективное управление распределёнными вычислениями представляет собой оптимизационную задачу: равномерно распределить вычислительную нагрузку между процессорами при минимальных коммуникационных затратах. Естественной и адекватной моделью распределения задач по процессорам (вычислительным узлам) кластера является взвешенный граф  $G$ , который задан множеством вершин  $V = \{v_1, \dots, v_n\}$  и множеством рёбер:  $E = \{e_1, \dots, e_m\}$ :  $G(V, E)$ . Пусть функция  $F1$  ставит в соответствие каждой вершине графа  $v_i$  ее вес  $q_i$ , аналогично функция  $F2$  ставит в соответствие

каждому ребру графа  $e_i$  его вес  $g_i$ .

Такой граф определяет, что при использовании одного процессора все задачи могут быть решены в результате выполнения  $T_1$  операций, где  $T_1$  представляет собой сумму весов всех вершин множества  $V$ :  $T_1 = F_1(V)$ . Рассмотрим разбиения множества вершин  $V$  графа  $G(V, E)$  на  $k$  непересекающихся подмножеств  $P = \{V_1, \dots, V_k\}$ . Этими подмножествами вершин определяются подграфы  $G_1(V_1, E_1), \dots, G_k(V_k, E_k)$ , для которых выполняются следующие соотношения:

- 1)  $\forall i, j \in \{1, 2, \dots, k\} (i \neq j) \Rightarrow V_i \cap V_j = \emptyset$ ;
- 2)  $V_1 \cup V_2 \cup \dots \cup V_k = V$ ;
- 3)  $n_1 + n_2 + \dots + n_k = n$ , где  $n_1 = |V_1|, n_2 = |V_2|, \dots, n_k = |V_k|, n = |V|$ .

Будем считать, что при заданном разбиении число операций, выполняемых  $i$ -тым процессором, определяется как сумма весов вершин  $i$ -того подмножества:  $Q_i = \sum F_1(V_i)$ . Пусть  $C(V_i, V_j)$  множество рёбер, соединяющих вершины из множества  $V_i$ , с вершинами множества  $V_j$ :  $C(V_i, V_j) = \{(u, w) | u \in V_i, w \in V_j\}$ . Тогда сечением  $R_i$  по подмножеству  $V_i$  графа  $G(V, E)$  будем называть совокупность рёбер, соединяющих вершины, принадлежащие множеству  $V_i$  с вершинами, не принадлежащими этому множеству:  $E_i = \cup_j (C(V_i, V_j))$ , где  $i \neq j$ . Теперь затраты на передачу и получение информации  $i$ -тым процессором можно определить как сумму весов рёбер  $i$ -того сечения:  $R_i = F_2(E_i)$ . При этом исчисляемое в числе операций время решения всех задач для данного разбиения с использованием  $k$  процессоров будет равно:

$$T_k = \max((Q_i + R_i), \text{ где } i=1, 2, \dots, k). \quad (1)$$

Тогда задача оптимального разделения графа при  $k = \text{const}$  состоит в поиске разбиения его вершин на непересекающиеся подмножества  $P = \{V_1, \dots, V_k\}$ , для которого выполняется условие оптимальности разделения графа:

$$\max((Q_i + R_i), i \in \{1, 2, \dots, k\}) \rightarrow \min. \quad (2)$$

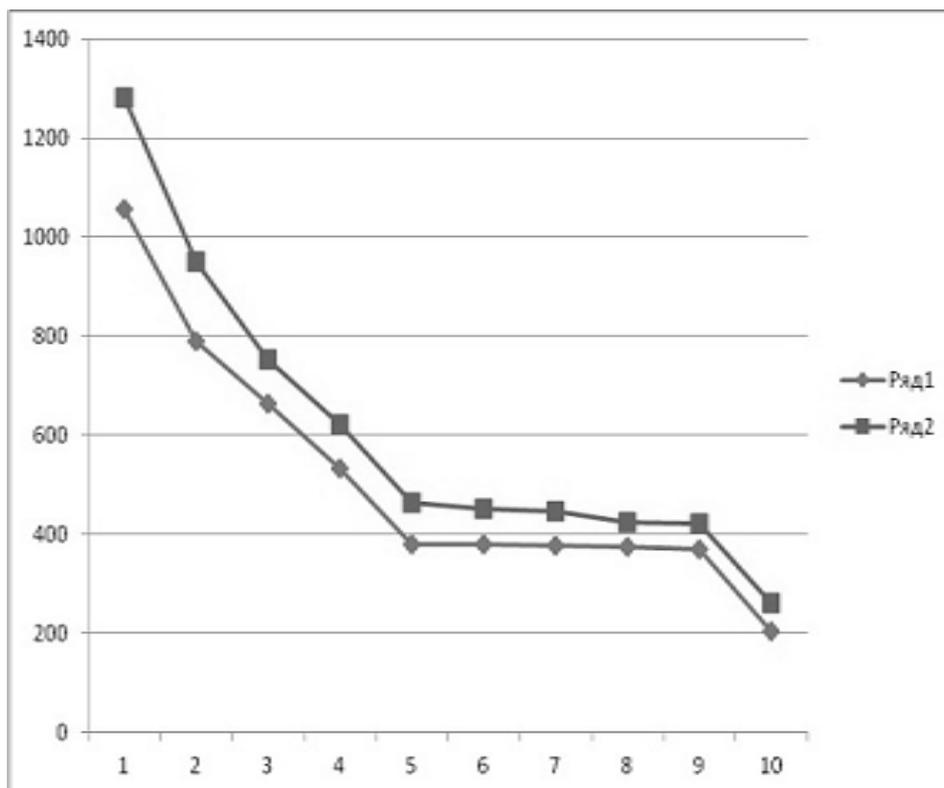
Далее пусть задан коэффициент ускорения  $S$  и требуется определить распределение задач по процессорам, которое обеспечивает достижение этого ускорения при использовании минимального числа процессоров. Тогда решение этой задачи сводится к поиску такого разбиения  $P = \{V_1, \dots, V_{k_{\min}}\}$  множества вершин графа  $G(V, E)$  на непересекающиеся подмножества, которое состоит из минимального числа подмножеств  $k_{\min}$ , и для которого выполняются условия достижения заданного ускорения:

$$\max((Q_i + R_i), \text{ где } i=1, 2, \dots, k_{\min}) \leq T_1/S. \quad (3)$$

При этом значение параметра  $k_{\min}$  определяет минимальное число процессоров в многопроцессорной вычислительной системе, которые будут использоваться согласно разбиению  $P$  и обеспечат достижение заданного ускорения  $S$ . Таким образом, разработка комбинаторного метода оп-

тимального распределения задач по процессорам сводится к алгоритмической реализации разделения взвешенного графа, при которой выполняются условия 2, 3. Этот метод основывается на монотонном убывании целевой функции (2) и алгоритме конструктивного перечисления (без пропусков и повторов) разбиений, заданных характеристическими векторами. Как показано в работе [5], ранее предложенные алгоритмы конструктивного перечисления разбиений множеств не обеспечивают перечисление вариантов разбиений множеств в порядке монотонного возрастания числа подмножеств, что не позволяет их использовать при определении минимального числа параллельно работающих процессоров, обеспечивающих заданное ускорение параллельных вычислений. В той же работе был предложен алгоритм Eq2\_1, лишенный указанного недостатка. Вычислительная схема на основе алгоритма Eq2\_1 позволяет ускорить последовательный поиск разбиения множества, удовлетворяющего заданным ограничениям, в среднем в два раза.

Проверка монотонности  $T_k$  выполнялась с использованием статистического моделирования [6]: в каждой точке эксперимента генерировалась псевдослучайная матрица смежности вершин взвешенного графа, который затем подвергался разбиению. Каждая экспериментальная точка характеризовалась числом вершин в графе ( $n = 10, 11, \dots, 15$ ), диапазоном отклонения весов вершин и ребер графа от среднего значения ( $dt_{max} = 10, 20, \dots, 50$ ), коэффициентом  $k_f$ , определявшим, во сколько раз предполагаемые коммуникационные затраты меньше вычислительных затрат. Анализировались все возможные варианты разбиения множества  $V$ . Эти варианты разбиений были разбиты на классы эквивалентности, каждый из которых включал в себя разбиения с одинаковым числом подмножеств. Число подмножеств являлось номером соответствующего класса эквивалентности  $np$ . Классы эквивалентности получили номера  $1, 2, \dots, n$ , где  $n$  – это число вершин в графе  $G(V, E)$ . Для каждого класса эквивалентности определялось разбиение, обеспечивающее минимизацию  $T_k$ . Проверялось монотонное уменьшение минимальных  $T_k$  при увеличении номера класса эквивалентности разбиений  $np$  от 1 до  $n$ . На рис. 1 приводится зависимость  $T_k$  от  $np$  при  $n = 10, k_f = 10, dt_{max} = 10$  (Ряд 1) и  $dt_{max} = 50$  (Ряд 2).



**Рис. 1. Монотонное уменьшение значений  $T_k$  при увеличении числа подмножеств в разбиении от 1 до  $n$**

Анализ результатов вычислительного эксперимента показал, что минимум исследуемой функции  $T_k$  монотонно уменьшается с увеличением допустимого числа подмножеств в разбиении при всех практически значимых сочетаниях значений параметров  $n$ ,  $dt_{max}$ ,  $k_f$ .

#### Выводы

Предложенный метод распределения вычислительной нагрузки при всех практически значимых для комбинаторного подхода сочетаниях таких параметров как число вершин графа, соотношение временной сложности вычислений и коммуникационных затрат, величин отклонений весов вершин и рёбер от среднего значения. Метод позволяет определить минимальное число процессоров, необходимых для обеспечения заданного ускорения.

#### Литература

1. *Панасюк А.И., Астриков Д.Ю., Кузьмин Д.А.* Эффективность использования вычислительных ресурсов в процессах распределенной визуализации трехмерных моделей // Second International Conference "Cluster Computing" CC 2013 (Ukraine, Lviv, June 3-5, 2013). [Электронный ресурс]. – URL: <http://hpc-ua.org/cc-13/files/proceedings/37.pdf> (дата обращения: 11.06.2015).

2. Distributed Rendering for Multiview Parallax Displays [Электронный ресурс]. – URL:[http://people.csail.mit.edu/wojciech/pubs/Distributed\\_Rendering.pdf](http://people.csail.mit.edu/wojciech/pubs/Distributed_Rendering.pdf) (дата обращения: 11.06.2015).

3. Гергель В.П. Теория и практика параллельных вычислений. – М.: Интернет-Университет Информационных технологий; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. –423 с.

4. Борзунов Г.И., Фирсов А.В. Повышение эффективности распределённых вычислений при решении задач текстильной технологии и дизайна (монография). – М.: РИО МГТУ им. А.Н. Косыгина. –2010. – 124 с.

5. Борзунов Г.И. Совершенствование математической модели поиска экстремальных разбиений множеств // Безопасность информационных технологий. – 2008, № 3. – С. 58-61.

6. Борзунов Г.И. Исследование целевой функции расчета рационального числа процессоров при распределенных вычислениях (статья) // Международная научно-техническая конференция «Современные проблемы развития текстильной и легкой промышленности». Сборник статей. – Москва: ИТИЛПИ МГУТУ им. К.Г. Разумовского, 2012. – С. 69-72.

## ОЦЕНКА МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМЫ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ НИТЕЙ

*Винтер Ю.М., Монахов В.И., Гречухина М.Н.*

Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

В нашей предыдущей работе рассматривались разрывные нагрузки и удлинения пучка нитей, кривая нагрузка-удлинение которых одна и та же для всех нитей, но с различным расположением точки разрыва на этой кривой для каждой нити. Предполагается, что упомянутая кривая является неубывающей.

В этом случае, как было нами показано, интегральная функция распределения коэффициента использования прочности (КИП) нити в пучке (КИП - *отношение математического ожидания разрывной нагрузки пучка к математическому ожиданию разрывной нагрузки одиночной нити*) выражается рекуррентной формулой:

$$R_n(y) = \sum_{k=1}^n C_n^k (-1)^{k+1} R_{n-k}(z) R_1^k(y),$$

где  $z=y*n/(n-k)$ ,  $R_1(y)$  - функция распределения отношения разрывной нагрузки одиночной нити к ее математическому ожиданию,  $R_0(y) = 1$ .

Поскольку число аддитивных членов этой формулы стремительно увеличивается с ростом числа нитей в пучке (из-за сомножителя  $R_{n-k}(z)$ ), то задача определения разрывных характеристик пучка была решена методом компьютерного моделирования. В результате были составлены достаточно подробные таблицы, позволяющие прогнозировать разрывные ха-

рактеристики пучка, исходя из механических характеристик использованных нитей.

Настоящая работа является первым этапом решения более сложной задачи, когда кривая нагрузка-удлинение одиночной нити представляет собой нестационарную случайную функцию, которая полностью определяется некоторой неслучайной монотонно возрастающей функцией и координатами точки разрыва, являющимися двумерной случайной величиной с заданным распределением вероятностей. Самым простым видом упомянутой функции является отрезок прямой, соединяющей точку  $[0,0]$  и точку разрыва (то есть закон Гука). Исследование этого случая и является целью настоящей работы.

Задача решается методом компьютерного моделирования по следующему алгоритму:

1. Генерация массива компонентов двумерной случайной величины (разрывные нагрузка и удлинение). Число элементов массива равно числу нитей в пучке.

2. Упорядочение массива двумерных случайных величин по величине разрывных удлинений.

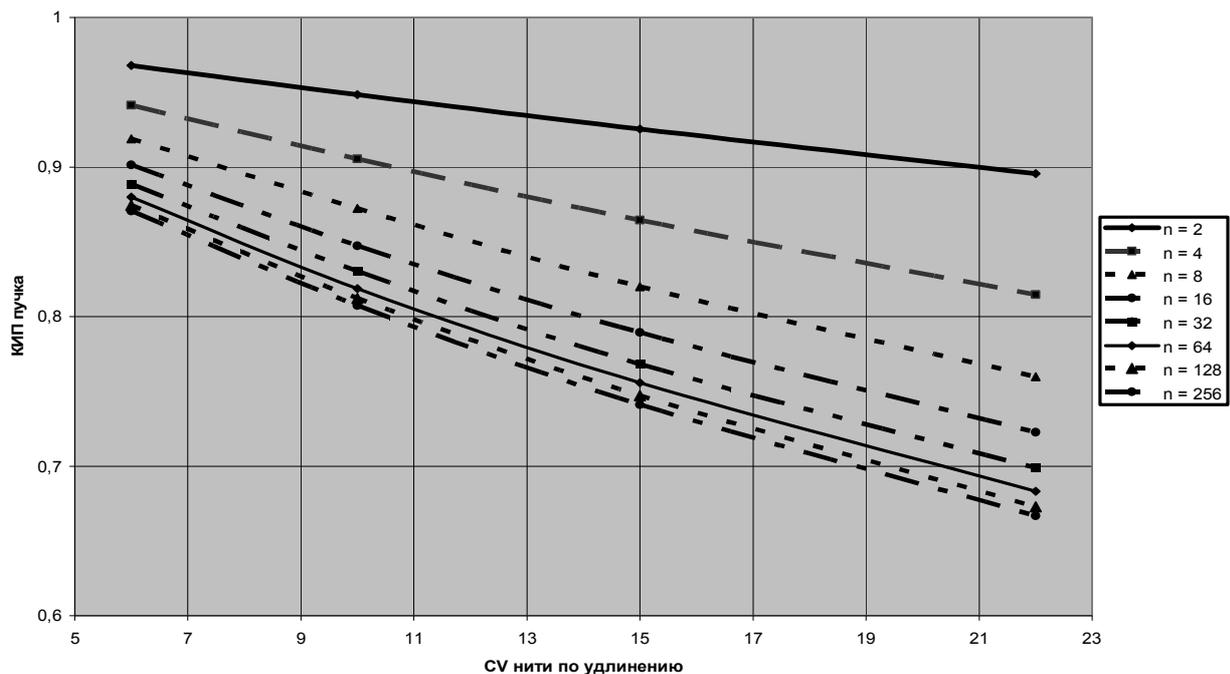
3. Вычисление нагрузки на пучок при разрыве нити с минимальным (из оставшихся целыми) разрывным удлинением.

4. Определение максимума из вычисленных нагрузок на пучок и значения удлинения, при котором этот максимум возникает.

5. Повторение перечисленных выше операций для получения средних разрывных характеристик с заданной статистической точностью.

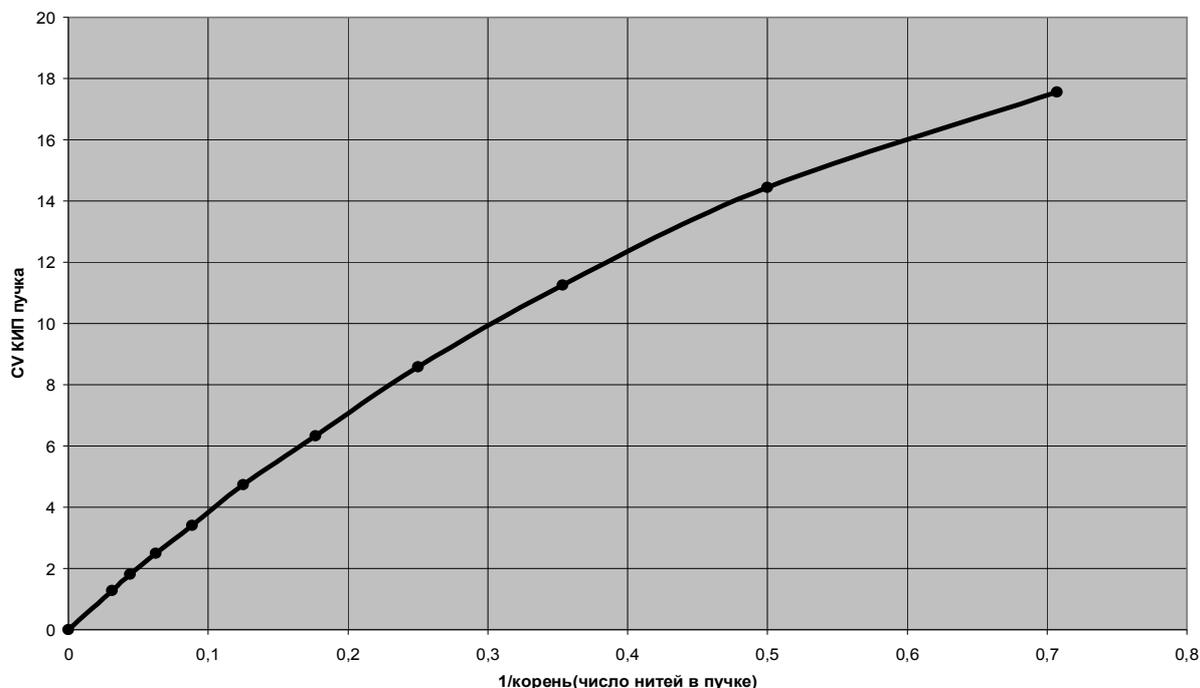
Сначала был исследован случай, когда разрывные нагрузка и удлинение нитей имеют двумерное нормальное распределение с заданными коэффициентом корреляции и коэффициентами вариации (CV). Без нарушения общности математические ожидания разрывной нагрузки и разрывного удлинения одиночной нити полагались равными 1. Оказалось, что коэффициент корреляции оказывает очень небольшое влияние на КИП пучка, в пределах 0,015. Причем при малом числе нитей в пучке рост коэффициента корреляции вызывает снижение КИП, а при большом числе нитей в пучке вызывает противоположный эффект. КИП пучка слабо зависит от коэффициента вариации по разрывной нагрузке одиночной нити. Действительно, если все составляющие пучок нити имеют одинаковое разрывное удлинение, то разброс разрывных нагрузок нитей вообще не влияет на КИП пучка. Решающее значение имеет разброс разрывных удлинений нитей.

Применение нормального распределения при генерировании большого количества случайных величин неизбежно приводит к появлению отрицательных значений. Поскольку коэффициент корреляции практически не влияет на КИП пучка, было принято решение генерировать разрывные удлинения и нагрузки, как независимые случайные величины, имеющие гамма-распределение. Результаты моделирования приведены на рис. 1.



**Рис. 1. Зависимость КВП пучка от коэффициента вариации (CV) одиночной нити по удлинению при различном числе n нитей в пучке**

На рис.2 приведена зависимость коэффициента вариации разрывной нагрузки пучка от  $z = \frac{1}{\sqrt{n}}$ , где n – число нитей в пучке. Такая форма оцифровки оси абсцисс принята для того чтобы проверить, приближается ли указанная зависимость к прямой при  $n \rightarrow \infty$  ( $z \rightarrow 0$ ). Как следует из рисунка, это так.



**Рис. 2. Зависимость коэффициента вариации разрывной нагрузки пучка от (число нитей в пучке)<sup>-0,5</sup>**

Выводы по механическим характеристикам пучка нитей, отвечающих закону Гука:

1. Коэффициент корреляции между разрывными нагрузкой и удлинением нитей очень слабо влияет на разрывные характеристики пучка.

2. Коэффициент вариации разрывной нагрузки одиночной нити слабо влияет на разрывные характеристики пучка.

3. Решающее влияние на КИП пучка оказывает коэффициент вариации разрывного удлинения одиночной нити.

4. С ростом числа нитей  $n$  в пучке его КИП падает, но тем медленнее, чем больше  $n$ .

5. С ростом числа нитей  $n$  в пучке его коэффициент вариации по разрывной нагрузке уменьшается медленнее, чем  $\frac{1}{\sqrt{n}}$ , но асимптотически приближается к указанной зависимости.

## **НЕЙРОСЕТЕВАЯ КВАЛИМЕТРИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ВЫПУСКАЕМОЙ ТКАНИ**

*Ганявин В.А.<sup>1</sup>, Макаров А.А.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> ООО «Геолинк», г. Москва, Россия

<sup>2</sup> Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

Стремление к повышению эффективности текстильных производств зависит от снижения выпуска недоброкачественной продукции. Это требует новых разработок в области методов квалиметрии изделий и оценки их потребительских свойств на всем этапе технологического производства.

Задача машинного распознавания образов (с элементами искусственного интеллекта) дефектов по всей длине и ширине полотна, ввиду независимости системы от внешних факторов (технологических, человеческих, окружающей среды) будет приводить к повышению достоверности результатов разрушающего контроля.

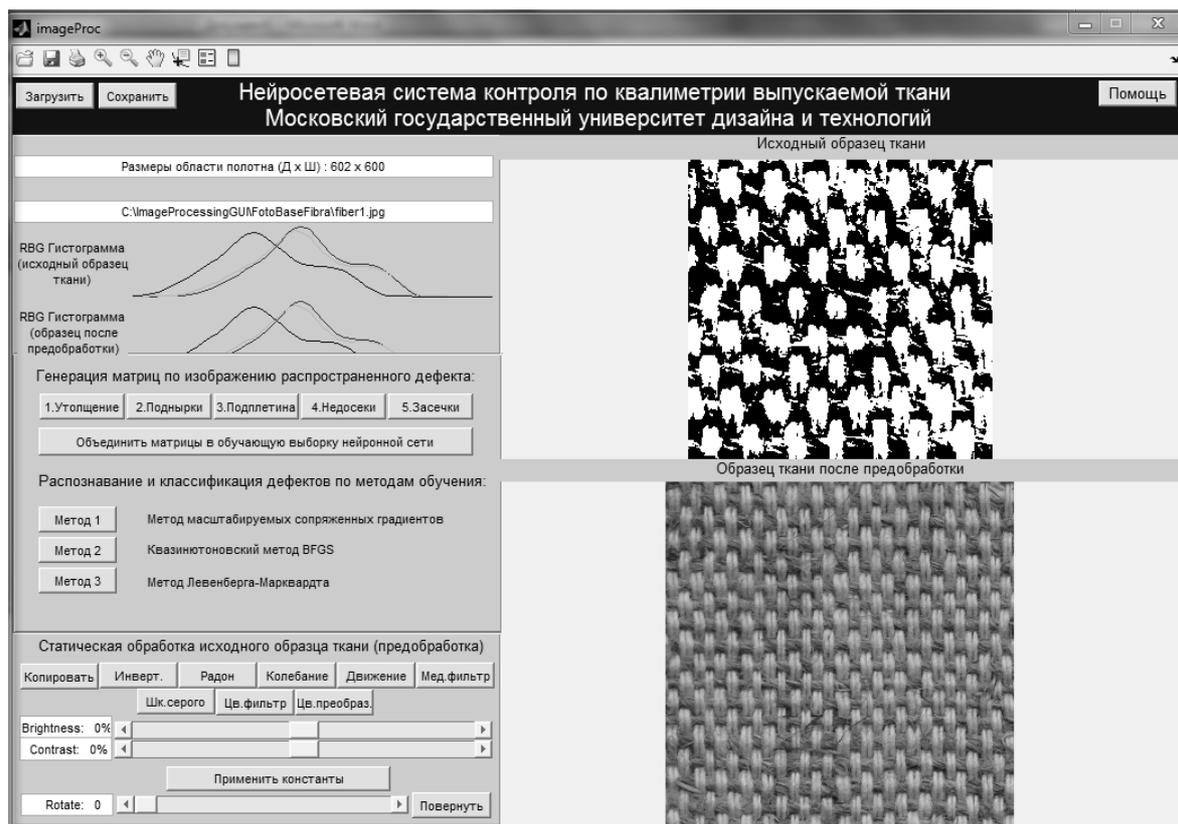
Получение информации в режиме реального времени о качестве текстильных полотен создаст информационную основу для решения самых разнообразных задач: анализ, прогнозирование, оптимизация, управление технологическими процессами; обеспечение такой работы технологических производств, чтобы в дальнейшем уменьшить выпуск дефектной продукции.

В работе разработана программа нейросетевой модели с применением проблемно-ориентированного языка программирования MATLAB и ее аппаратной реализацией. Общий вид лицевой панели интерфейса системы показан на рис.1.

Программа содержит интерфейс цифровой подготовки двумерных образов полотна функциями в библиотеки Image Acquisition Toolbox и Im-

age Processing Toolbox. Алгоритмы обучения и работы нейросети реализуются функциями Neural Network Toolbox. Хранение эталонов исходных фотоизображений и подготовленных осуществляется в базе данных.

В работе [1] было найдено, что наибольшую временную эффективность при распознавании показали алгоритмы Левенберга – Марквардта, Полака-Рибейры и метод масштабируемых сопряженных градиентов. Эти алгоритмы были интегрированы в нейросетевую квалитметрическую модель как базовые.



**Рис. 1. Общий вид лицевой панели интерфейса системы по квалитметрии выпускаемой ткани**

При распознавании наблюдалось малое время обучения, наименьшее количество циклов обучения. При этом использовалась довольно простая (не модифицированная) многослойная нейронная сеть. Сеть имеет 10 нейронов во входном слое и 1 суммирующий элемент всех вкладов. Количество нейронов во входном и скрытом слоях было 10, в выходном слое - 5, равное количеству эталонных дефектов, заложенных в систему.

Работа с программой не требует никаких особенных навыков и доступна любому пользователю.

Органы управления на лицевой панели (рис.1) дают возможность интерактивно выбирать алгоритм обучения и распознавания дефектов для конкретного текстильного полотна (метод масштабируемых сопряженных градиентов, квазиньютоновский метод и метод Левенберга - Марквардта).

Программа позволяет производить статическую предобработку исходного образца ткани (копирование, инвертирование, радон-преобразование полотна ткани, колебание, движение, цветовое преобразование и фильтры), выполнять формирование пополняемой базы данных эталонов по изображениям дефектов. Позволяет первоначально задать пять типов дефектов - утолщение, поднырка, подплетина, недосека, засечка. Однако это не ограничивает количество анализируемых дефектов, что по мере расширения базы данных позволит идентифицировать не только все распространенные дефекты, но и местные, имеющие место для конкретного технологического перехода. На лицевой панели отображаются фотоизображения исходного образца ткани и образец ткани после предобработки.

Запуск процесса обработки данных инициализируется нажатием кнопки «Загрузить». При нажатии этой кнопки пользователь загружает нужное изображение полотна ткани из базы данных. После загрузки изображения автоматически рассчитывается RGB-гистограмма исходного образца ткани, указываются путь нахождения файла, его название, а также размеры фотоизображения.

Нейросетевой анализ будет возможен, если предварительно произведено обучение эталонными дефектами; это осуществляется генерацией матриц по изображению, их объединению в массив и обучение. В результате данного действия будет создана база данных обучающих выборок. Для достоверности результатов распознавания необходимо производить обучение несколько раз. Затем только возможно распознавание дефекта определенным алгоритмом и причисление его к конкретной группе.

Выполнение распознавания дефекта «Поднырка» по методу Левенберга-Марквардта показало, что отнесение дефекта к конкретному типу занимает несколько секунд и зависит от быстродействия компьютера, количества обрабатываемых эталонов и количества нейронов в скрытом слое. На тестовой выборке время распознавания дефекта составило 0,0434 сек, процент распознавания - 45,8%.

Разработанная и протестированная квалиметрическая модель в составе комплекса может быть использована как современный инструмент компьютерного анализа качества выпускаемой ткани.

## Литература

1. Ганявин В.А., Севостьянов П.А., Ганявина Н.А., Битус Е.И. Нейросетевое распознавание образов текстуры текстильных полотен в динамически организованных скоростных потоках: Южно-сибирский научный вестник, Бийск: 2013. – С.53-56.

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТЕПЛООБМЕНА ШВЕЙНОЙ ИГЛЫ

*Егорова Н.Е., Иванов С.М., Свиридов И.А.*

Ивановский государственный политехнический университет, Россия

Математическое моделирование технологических процессов в легкой промышленности позволяет прогнозировать поведение рабочих органов. Это дает возможность расчетным путем определить физические и технические параметры функционирования сложных систем и предложить оптимальные режимы эксплуатации, снизить износ, повысить производительность работы оборудования.

Цель работы: сформулировать постановку задачи для моделирования процесса теплообмена при шитье.

Процесс работы швейной иглы сопровождается ее нагревом. Работа, затрачиваемая на прокалывание материала, пропорциональна силе сопротивления и пути движения:

$$dA = Fdx, \quad (1)$$

где  $F$  – сила трения. Сила трения иглы о сшиваемый материал – величина непостоянная и меняется в зависимости от многих факторов, таких как, плотность материала, наличие смазочной среды, фаза рабочего цикла, угол заострения, толщина. Поэтому силу трения представим в виде функции:

$$F = F(x, \xi), \quad (2)$$

где  $x$  – координата фазы рабочего цикла,  $\xi$  – случайный фактор.

Эта работа трансформируется в теплоту и расходуется на нагрев иглы, окружающего воздуха, сшиваемого материала и швейной нити:

$$dA = d(Q_u + Q_g + Q_m + Q_n), \quad (3)$$

где  $Q_u$  – количество теплоты, расходуемое на нагрев иглы,  $Q_g$  – количество теплоты, расходуемое на нагрев окружающего воздуха,  $Q_m$  – количество теплоты, расходуемое на нагрев материала,  $Q_n$  – количество теплоты, расходуемое на нагрев нити.

Так как теплопроводность этих объектов отличается значительно, и наибольшая теплопроводность наблюдается у иглы, то основная часть всего тепла отводится в иглу:

$$\frac{\partial Q_u}{\partial \tau} = -mcdt, \quad (4)$$

где  $m$  – масса иглы,  $c$  – теплоемкость стали,  $dt$  – изменение температуры.

Воздух нагревается в результате теплообмена и излучения с поверхности иглы:

$$\frac{\partial Q_{\epsilon}}{\partial \tau} = \frac{\partial(q_{\text{конвекции}}(t))}{\partial t} + \frac{\partial(q_{\text{излучения}}(t))}{\partial t}, \quad (5)$$

$$q_{\text{конвекции}} = Sa(t_u - t_{\epsilon}), \quad (6)$$

$$q_{\text{излучения}} = Sc_1((t_u)^4 - (t_{\epsilon})^4), \quad (7)$$

где  $S$  – площадь поверхности иглы,  $a$  – коэффициент теплоотдачи,  $t_u$  – температура иглы,  $t_{\epsilon}$  – температура воздуха,  $c_1$  – коэффициент теплоотдачи излучением.

Уравнение теплового баланса для описываемого процесса нагрева иглы в результате шитья:

$$\frac{\partial Q}{\partial \tau} = a^2 \frac{\partial^2 Q}{\partial x^2} + \frac{\partial A(x)}{\partial \tau}, \quad (8)$$

где  $a$  – коэффициент теплопередачи,  $A(x)$  – источник тепла.

Источник тепла движется вдоль тела иглы в процессе шитья, нагревая ее. Наибольшее воздействие оказывает источник там, где работа силы трения максимальна. Как показали исследования, максимальное значение силы трения наблюдается при проколе сшиваемого материала, следовательно, наибольшее воздействие наблюдается на острие иглы.

Сила прокалывания меняется от 0,2 Н до 10 Н, по данным [1], в зависимости от плотности материала. Сила трения колбы иглы по величине составляет 20% от силы прокалывания.

Путь действия силы трения соответствует удвоенной длине иглы, а максимальное значение сила имеет на участке в 6% длины иглы.

Таким образом, имеется два источника тепла. Один – мощный точечный источник тепла на острие иглы и другой – равномерно рассеянный источник вдоль стержня иглы.

Время действия источников пропорционально длительности кинематического цикла:

$$\tau = \frac{60}{n}, \quad (9)$$

где  $n$  – число оборотов главного вала в мин<sup>-1</sup>.

Для равномерно распределенного источника первое слагаемое в уравнении теплового баланса (8) равно нулю и изменение работы силы трения по координате постоянное:

$$A(x) = 0,2F_{\text{max}}, \quad (10)$$

где  $F_{\text{max}}$  – максимальное значение силы трения за цикл (сила прокола материала). Для точечного источника также можно принять значение постоянным:

$$A(0) = F_{\text{max}}. \quad (11)$$

В результате получаем систему из двух уравнений

$$\begin{cases} \frac{\partial Q}{\partial \tau} = 0,2F_{\max} \cdot 2l \\ \frac{\partial Q}{\partial \tau} = a^2 \frac{\partial^2 Q}{\partial x^2} + F_{\max} \cdot 0,06l \end{cases} \quad (12)$$

Первое уравнение описывает теплообмен в колбе иглы, а второе описывает теплообмен на острие иглы. В зависимости от времени действия источников тепла, задачу решают независимо, если время незначительно, или совместно, если время действия источников превышает время теплообмена между острием и телом иглы.

Получаем граничные условия третьего рода и решение проводим численными методами.

### Литература

1. *Гарбарук В.Н.* Прокалывание текстильных материалов иглой // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 1975. – № 5. – С. 84-90.

## **АВТОМАТИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ УРОВНЯ ВОДЫ В БАРАБАНЕ КОТЛА БКЗ-320-140**

*Раевский А.М., Годунов М.В.*

**Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия**

Требования, которые предъявляются к системе автоматизации:

- 1) надежность объектов и систем автоматизации,
- 2) безопасность работы объектов,
- 3) экономичность работы объектов.

Надежность предполагает необходимость, чтобы технологический объект управления (ТОУ) выполнял свои функции в соответствии с регламентом в течение расчетного времени.

Техническая характеристика объектов управления характеризуется числом отказов в год: чем меньше отказов, тем более надежно работает объект, эти отказы связаны с циклическими температурными нагрузками, следовательно, задачи систем управления - уменьшить циклические температурные нагрузки, стабилизируя данные параметры.

Безопасность связана с существованием угрозы жизни как обслуживающего персонала, так и населения, которое находится в районе работы ТОУ. ТОУ должны иметь минимальные выбросы как продуктов сгорания, так и технологических отходов в окружающую среду.

Экономичность предполагает ведение технологического процесса с

наименьшими затратами сырья, топлива, расходных материалов, энергии на собственные нужды, заработной платы сотрудникам обслуживающего персонала.

Регулирование уровня воды в барабане.

Среднее значение уровня ( $\approx 1100$  мм) не совпадает с геометрической осью барабана (средний уровень воды в барабане на 200 мм ниже геометрической оси барабана). Максимально допустимые отклонения уточняются в процессе эксплуатации. Снижение уровня ниже видимой части водомерного стекла, установленного на барабане котла, считается "упуском" воды, а превышение его верхней видимой части - "перепиткой". Расстояние между этими критическими отметками составляет  $\approx 400$  мм. Допускаемые отклонения уровня от среднего, при которых гарантируется нормальная работа котла без ухудшения качества пара и по условиям надежности циркуляции, не должны превышать  $\pm 50$  мм. Барабан оборудован двумя водоуказательными колонками. Кроме того, для контроля за уровнем воды (предотвращения заброса ее в пароперегреватель) предусмотрена установка в барабане третьей верхней колонки. Для обеспечения равномерного подогрева барабана при растопках предусмотрен его паровой обогрев насыщенным паром от работающих котлов. Для предупреждения перепитки котла в барабане установлена труба аварийного слива.

Поскольку упуск уровня и перепитка барабана относятся к самым тяжелым авариям на ТЭС, каждый котел оснащают системой автоматической защиты, срабатывающей при наличии сигналов чрезмерного повышения или понижения уровня.

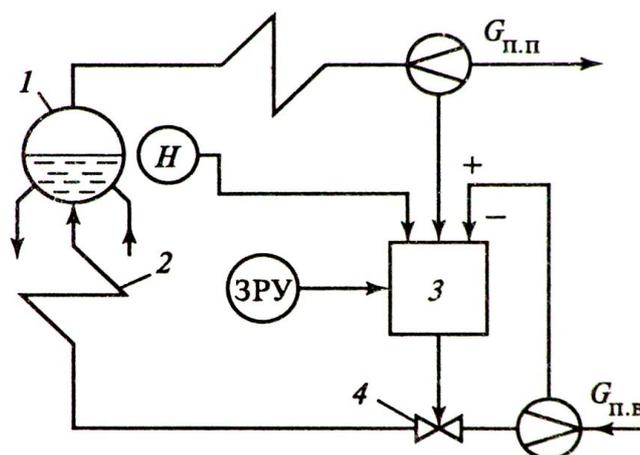
Снижение уровня ниже места присоединения опускных труб циркуляционного контура (упуск воды) может привести к нарушению питания и охлаждению водой подъемных труб, нарушению их прочности в местах стыковки с корпусом барабана, а в наиболее тяжелом случае – к пережогу. Повышение уровня за верхний допустимый предел может привести к ухудшению действия внутрибарабанных сепарационных устройств, забросу воды в пароперегреватель, что ведет к резкому снижению температуры перегрева и может явиться причиной перегрева и тяжелых механических повреждений ротора и лопаток турбины. Этим объясняются повышенные требования, предъявляемые к надежности регулирования питания.

Основным регулирующим воздействием является изменение расхода питательной воды в барабан котла. Возмущающим воздействием является расход потребляемого турбиной пара, количество теплоты, воспринимаемое от факела в топке, расход воды из барабана на периодическую продувку и т.д.

Автоматический регулятор питания котла (РП) должен обеспечивать постоянство среднего уровня независимо от нагрузки котла и других возмущающих воздействий. Корректирующим импульсом в контуре регулирования питания является уровень в барабане. РП получает импульс от

датчика уровня и воздействует на регулирующий питательный клапан (РПК).

Однако при одноимпульсном регулировании уровень воды в барабане в процессе регулирования может выйти за допустимый предел из-за особенностей динамики объекта. Поэтому в БК обычно применяют трехимпульсные регуляторы уровня, которые используют дополнительные импульсы по расходу питательной воды и пара (рис.1).



**Рис. 1. Трехимпульсная АСР питания водой барабанного котла:**  
1 – барабан; 2 – водяной экономайзер; 3 – регулятор питания; 4 – регулирующий клапан питательной воды

Коррекция по уровню устраняет влияние возможной неточности измерения расхода и накопления ошибок. При отводе пара из котла двумя паропроводами коррекция по уровню позволяет ограничиться введением в РП импульса по расходу пара только от одного паропровода.

Регулятор 3 перемещает клапан 4 при появлении небаланса между расходами питательной воды  $G_{п.в.}$  и пара  $G_{п.}$ . Кроме того, он воздействует на положение питательного клапана при случайных отклонениях уровня от заданного значения. Такая АСР питания, совмещающая принципы регулирования по отклонению и возмущению, получила наибольшее распространение на мощных барабанных котлах.

Функция регулятора питания - поддержание баланса расхода пара и питательной воды при заданном значении уровня в барабане. Входная информация регулятора - сигналы расходов пара, питательной воды и уровня. Задатчиком ЗРУ устанавливается требуемое значение уровня в барабане. Регулятор питания обрабатывает возмущения по расходу пара, которые вносятся турбогенератором или другими потребителями пара.

Поскольку резервуар закрыт и находится под давлением, измерение уровня жидкости возможно только по дифференциальному давлению между днищем и свободным пространством в верхней части емкости – дифманометром.

Для реализации системы автоматического регулирования уровня в данной работе наиболее целесообразно применение контроллера ОВЕН ПЛК 154. Он имеет унифицированный корпус для крепления на DIN-рейку, 4 дискретных входа и 4 аналоговых входов и выходов, а также индикацию входных и выходных сигналов.

Создание систем комплексного автоматического регулирования параметров позволит увеличить производительность и экономичность парогенераторной установки.

## СРАВНЕНИЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПРОЦЕССА СТАБИЛИЗАЦИИ НАТЯЖЕНИЯ ПРИ ПЕРЕМАТЫВАНИИ ЗАПАРЕННОЙ НИТИ МЕТОДАМИ СИМОЮ И ПРОГРАММОЙ IDENT

*Зинченко Ю.В., Тимохин А.Н.*

Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

Рассматривается процесс транспортирования полимерной нити, в котором очень важно поддерживать заданное значение натяжения, чтобы избежать дефектов конечного продукта. Для изучения динамики объекта управления необходимо получить передаточную функцию объекта, или модель объекта. Идентификация проводилась методом Симою и с помощью программы Ident, встроенной в систему Matlab. Входные и выходные переменные объекта наблюдались в результате активного эксперимента. Наносилось ступенчатое воздействие и затем записывались выходные данные, которые представляют собой переходную функцию или переходную характеристику.

Снятие переходных характеристик проводилось на действующей установке. За входное воздействие были взяты значения скорости двигателя, выходное значение - показания напряжения с датчика натяжения TS44.

Метод Симою, названный автором ещё методом площадей, позволяет вычислить площадь между линией установившегося режима и кривой переходного процесса, а затем все площади между переходными процессами последовательных аппроксимаций и экспериментальной кривой переходного процесса, которые численно равны произведениям коэффициента передачи на соответствующие коэффициенты характеристического уравнения передаточной функции.

Все площади  $S_i$  можно получить по формуле:

$$S_i = \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} \dots \int_0^{\infty} (H_i(t) - H(t)) dt^i = k \cdot a_i \quad (1)$$

Затем вычисляются коэффициенты передаточной функции  $a_i$ :

$$a_i = \frac{S_i}{k},$$

на языке Matlab написана программа параметрической идентификации с вычислением коэффициентов передаточной функции и построением графиков переходных функций, полученных экспериментально и рассчитанных по аппроксимирующей передаточной функции.

В результате выполнения программы в командной строке получаем распечатку параметров аппроксимирующей передаточной функции:

```
>> K= 1.0000 T4=-0.0000 T3=-0.0005 T2=0.0064 T1=0.1638.
```

Коэффициенты высших порядков, начиная с третьего, отрицательны, поэтому их можно отбросить и аппроксимировать объект передаточной функцией второго порядка:

$$W(s) = \frac{1}{0.0064s^2 + 0.1638s + 1}.$$

Параметрическая идентификация в матлабе выполняется с помощью встроенной программы Ident. Данные для использования в программе Ident необходимо подготовить. Вектор-строка входных данных X, как и вектор-строка выходных данных эксперимента Y, должны быть преобразованы в векторы – столбцы. Только потом они могут быть импортированы в программу для идентификации. В результате идентификации получаем модель второго порядка под именем arx211. Помещаем данные модели в рабочее пространство и приступаем к преобразованию, с целью получить передаточную функцию в непрерывной форме, так как в программе Matlab она получается в дискретной форме.

Запишем передаточную функцию в обычном формате с нулевыми начальными условиями, используя полученные коэффициенты. Коэффициент при первой производной в числителе отбрасываем, так как он на два порядка меньше предыдущего.

```
>> w2=tf(144.7,[1 22.91 146.4]).
```

Transfer function:

$$\frac{144.7}{s^2 + 22.91 s + 146.4}.$$

Преобразуем передаточную функцию в более удобный формат, разделив все коэффициенты на 146.4.

Transfer function:

$$\frac{1}{0.0068 s^2 + 0.1565 s + 1}.$$

То есть:

$$W(s) = \frac{1}{0.0068s^2 + 0.1565s + 1}$$

Для сравнения экспериментальной переходной функции с аппроксимирующими, полученными расчетным путем по передаточным функциям 10 и 11, была написана программа. Результат её работы показан на рис.1. Как видно из рисунка, параметрическая идентификация, выполненная программой Ident, является более предпочтительной.

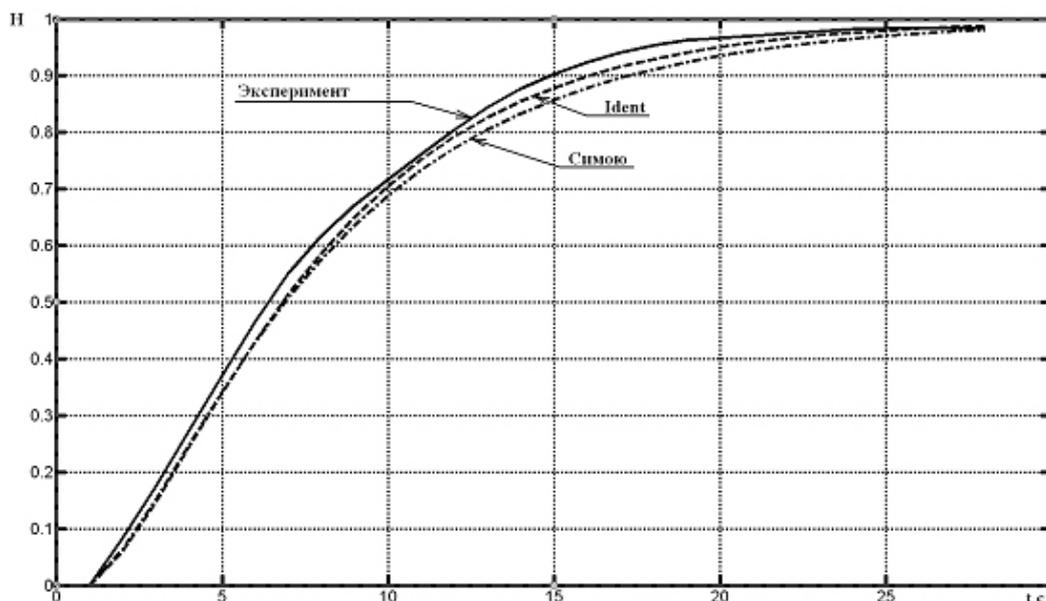


Рис. 1. Сравнение двух методов аппроксимации  
Выводы

Параметрическая идентификация, выполненная программой Ident, встроенной в систему Matlab, является более предпочтительной по сравнению с методом Симюю.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА

*Иванова Н.Н., Чонгарская Л.М., Сафонова О.Н.*

Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь

Проектирование потоков по производству одежды – очень сложный, трудоёмкий и длительный процесс, требующий взаимной увязки основных элементов потока. Процесс проектирования потоков в условиях многомодельного производства ещё более усложняется, так как с увеличением количества моделей, изготавливаемых в одном потоке, значительно возрастает объём проектных работ. В связи с этим возникает необходимость ав-

томатизации значительной части процесса проектирования производственных потоков и использования для этой цели ЭВМ. На ЭВМ рассчитывают норму времени на каждую технологически неделимую операцию с разбивкой по элементам. Постоянной исходной информацией для расчёта норм времени на ЭВМ являются: норматив основного времени на выполнение 1,0 см строчки; нормативы времени на выполнение одного поворота, одного перехвата; частота вращения главного вала применяемых универсальных и специальных машин; норматив на проверку качества выполнения операции (в зависимости от её сложности); норматив времени (в процентах к оперативному времени) на подготовительно-заключительную работу, обслуживание рабочего места, отдых и личные надобности; характеристика технологического потока (съёмный или несъёмный); вид запуска (пачковый или поштучный). Переменной исходной информацией для расчёта норм времени на технологически неделимые операции являются условия выполнения операции.

На методику определения нормы времени влияют факторы: тип организации производства и характер труда: ручной, машинно-ручной, автоматизированный.

Значения норм времени однозначно определяются принятыми вариантами технологического и трудового процессов.

Обоснованность нормы времени определяется обоснованностью каждого из ее слагаемых: основное время должно соответствовать оптимальному режиму обработки, вспомогательное время должно соответствовать оптимальным приемам труда рабочего, время обслуживания рабочего места и подготовительно-заключительное время – оптимальной системе обслуживания рабочих мест и оптимальному режиму труда и отдыха.

Проведенный анализ литературных источников показал, что системы автоматизированного проектирования имеют большое значение в швейной промышленности. Модуль технологической подготовки производства имеет недостаточное внедрение на предприятиях швейной промышленности. Необходимость автоматизации процесса нормирования технологических операций является первоочередной задачей, требующей решения.

Используя один из методов теоретических исследований – априорное ранжирование, были установлены наиболее значимые факторы для использования их при проведении экспериментальных исследований. Априорное ранжирование – это психологический эксперимент, основанный на обобщении независимых субъективных мнений экспертов. Эксперты – специалисты со стажем научной или практической работы. Цель ранжирования – установление значимости факторов и сокращение их числа за счёт отсева незначимых.

Объектом исследования в работе является процесс нормирования. Анкетирование проводилось по каждому фактору, выбранному при

анализе литературы, обобщении опыта предприятия и отдельных специалистов [1].

Разработана анкета для опроса специалистов по выявлению значимых факторов, влияющих на нормирование технологических операций швейного производства. Согласно анкете для опроса специалистов по установлению значимости факторов, влияющих на нормирование технологических операций, рассмотрению подлежали следующие факторы:

- X1 – вид материала,
- X2 – частота вращения главного вала,
- X3 – пакет материалов,
- X4 – длина шва,
- X5 – габаритные размеры деталей и изделия,
- X6 – конфигурация срезов деталей,
- X7 – вид внутрипроцессных транспортных средств,
- X8 – способ укладывания полотен в настиле,
- X9 – сочетание материалов в операции (основной материал, основной материал и подкладочный, основной материал и тесьма-молния).

С целью установления значимости факторов был проведен экспертный опрос. В качестве экспертов выступили десять специалистов ОАО «Знамя индустриализации» г. Витебска.

После заполнения экспертами предложенных им анкет проведена обработка результатов опроса.

Результаты опроса были сведены в первоначальную матрицу рангов, которая представлена в табл. 1.

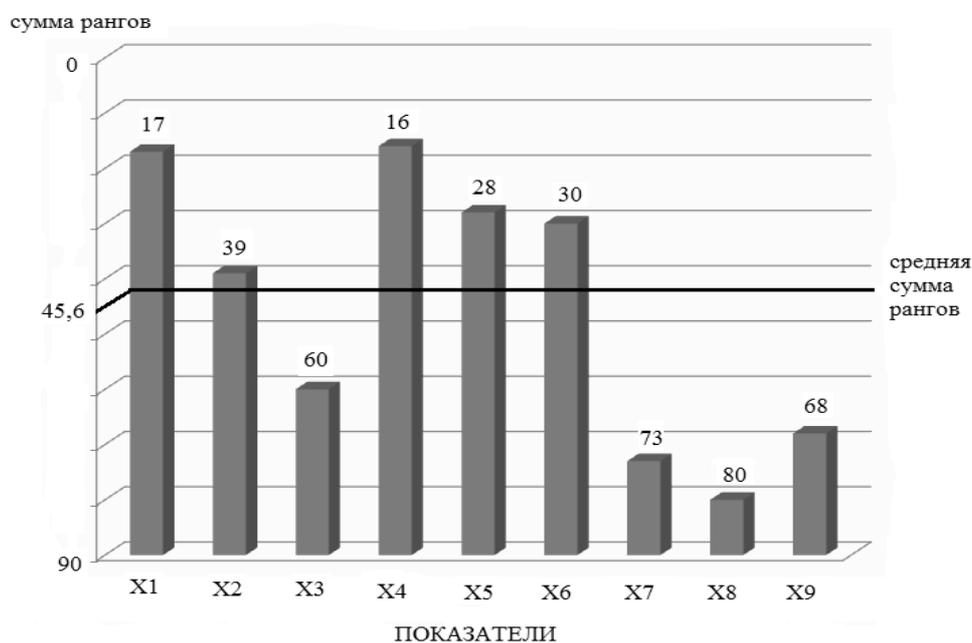
Анализ результатов экспертного опроса проводился с помощью гистограмм – столбчатых диаграмм. Для традиционного восприятия «чем выше, тем лучше» вертикальная ось в гистограмме рангов направлена сверху вниз, чтобы наиболее значимые факторы были графически выше незначимых.

Таблица 1

Первоначальная матрица рангов для факторов, влияющих на нормирование технологических операций

Номер эксперта	Ранг по факторам								
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>7</sub>	X <sub>8</sub>	X <sub>9</sub>
1	4	3	8	2	1	5	9	6	7
2	7	4	5	2	1	3	9	8	6
3	5	3	7	1	8	2	6	9	4
4	6	5	4	1	3	2	7	8	9
5	7	4	6	2	1	3	5	8	9
6	7	4	5	2	1	3	9	8	6
7	4	3	8	2	1	5	9	6	7
8	5	3	7	1	8	2	6	9	4
9	5	6	4	1	3	2	7	9	8
10	7	4	6	2	1	3	5	9	8
Сумма рангов по факторам, $\sum a_{ij}$	17	39	60	16	28	30	73	80	68
Первоначальное место фактора, $\theta_{j(1)}$	2	5	6	1	3	4	8	9	7

На рис.1 представлена гистограмма значимости факторов, влияющих на нормирование технологических операций.



**Рис. 1. Гистограмма факторов, влияющих на нормирование технологических операций**

Обработка результатов анкетирования проводилась по стандартной методике. В процессе проверки адекватности первоначальной и переформированной матриц установлено, что эксперты имеют достаточно высокую квалификацию и их понимание каждого фактора – однозначно, гипотеза о наличии согласия экспертов принимается [2].

Из проведённых исследований видно, что нормирование технологических операций – очень сложный и многогранный процесс технологической подготовки производства, зависящий от многих факторов.

Проведённые исследования по выявлению значимости факторов, влияющих на определение затрат времени выполнения технологических операций, позволили увидеть значимость каждого фактора. Наиболее значимыми факторами оказались: вид материала (X1), частота вращения главного вала (X2), длина шва (X4), габаритные размеры деталей и изделия (X5), конфигурация срезов деталей (X6). Наименее значимыми факторами по мнению экспертов оказались: пакет материалов (X3), вид применяемых внутрипроцессных транспортных средств (X7), – способ укладки полотен в настиле (X8), – сочетание материалов в операции (X9).

Анализируя затраты времени на технологическую операцию при изменении какого-либо фактора, необходимо по возможности выявить закономерности и ввести коэффициент, который будет учитывать изменение времени. Если изменение времени незначительно и им можно пренебречь,

то такой фактор можно не учитывать при нормировании технологических операций.

Результаты проделанной работы могут быть использованы для совершенствования технологической подготовки моделей к запуску в производство.

#### Литература

1. *Иванова Н.Н. и др.* Оптимизация базы данных для автоматизированного проектирования потоков швейных цехов // Материалы докладов 47 Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов.– Витебск: УО «ВГТУ», 2014. – С. 325-327.

2. *Тихомиров В.Б.* Планирование и анализ эксперимента. – М.: Лёгкая индустрия, 1974. – 262 с.

### **ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ АКУСТИЧЕСКОГО ПОЛЯ В ПРОИЗВОДСТВЕННОМ ПОМЕЩЕНИИ**

*Забродин Д.А., Дасюк П.Е., Зензинова Ю.Б.*

Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

В закрытом пространстве звуковые волны распространяются в зависимости от того, какова геометрия помещения, объектов, излучающих и отражающих звук, и от материала отражающих поверхностей, например, перегородок и стен. При изменении состояния оборудования, его постепенном износе, "старении" отдельных элементов распространение звуковых волн изменяется.

Важной задачей является исследование возможностей оценки состояния оборудования путем анализа создаваемого им акустического поля. Успешное решение данной задачи позволит диагностировать состояние оборудования, измеряя уровень и структуру акустического сигнала.

Для исследования звуковых сигналов можно использовать различные методы спектрального анализа: преобразование Фурье, метод МТМ, метод Уэлча, метод MUSIC (MUltiple Signal Classification). Также существует так называемое оконное преобразование Фурье - разновидность преобразования Фурье, использующее оконную функцию. Оконная функция или окно - это весовая функция, используемая для управления эффектами, обусловленными растеканием спектра. Оконные функции используются для обеспечения состоятельности получаемых оценок. Существует несколько видов оконных функций, например: окно Чебышева, окно Хэмминга, окно Кайзера и др.

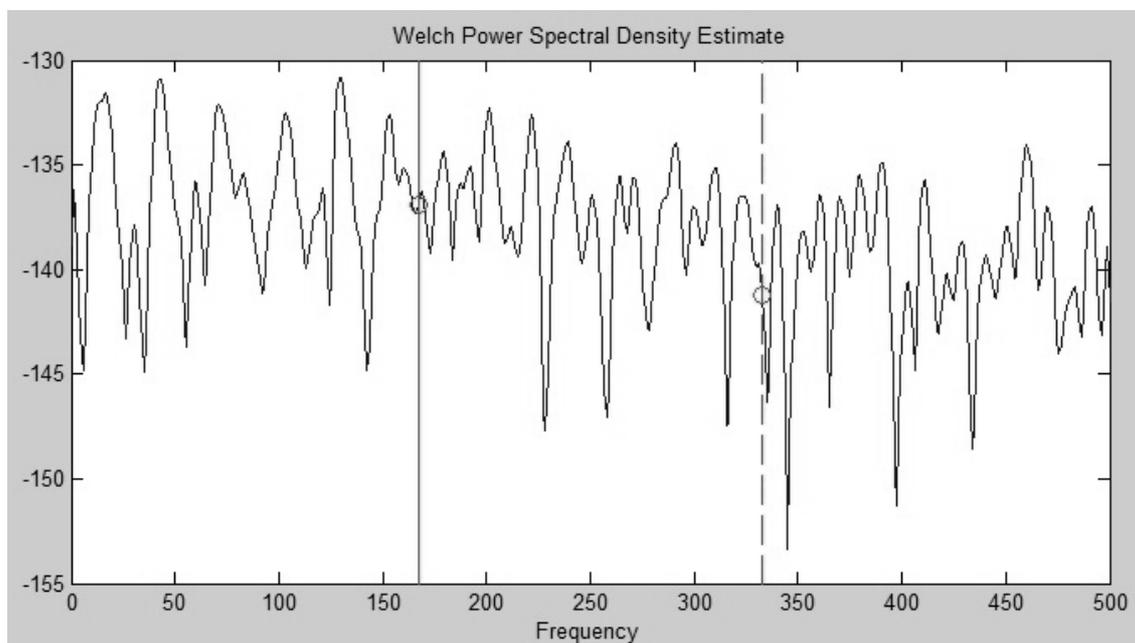
С помощью преобразования Фурье можно получить спектральную функцию, соответствующую исследуемому звуковому сигналу. При полу-

чении спектральной функции временные области становятся частотными. Сигнал в частотной области содержит такое же количество информации, как и сигнал во временной области, поэтому преобразование Фурье можно считать однозначным в обе стороны. Спектр аналогового сигнала становится периодическим при дискретизации, причем период повторения равен частоте дискретизации.

Анализ акустического поля можно проводить, используя пакет прикладных программ MatLab, библиотеки которого содержат функции, реализующие методы спектрального анализа. Само акустическое поле может быть либо создано прогоном специально построенной имитационной модели, либо записано с помощью микрофона, расположенного в производственном помещении.

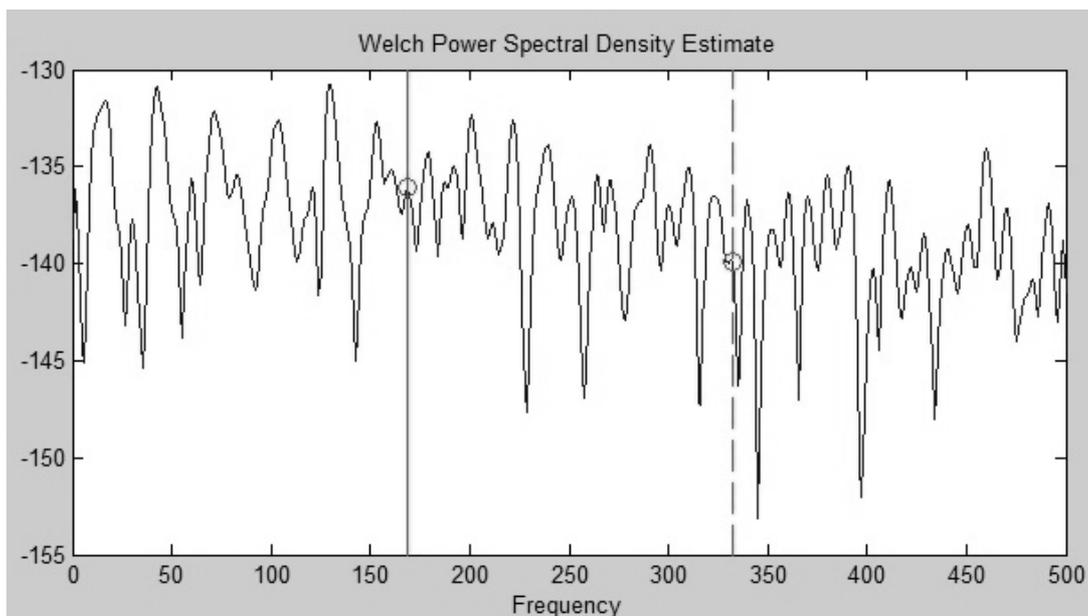
Звуковой сигнал предварительно обрабатывается, чтобы анализировать сигнал не целиком, а рассматривать лишь его отрезок. Количество линий Фурье спектра берется в виде удвоенной частоты дискретизации самой звукозаписи в Гц.

На рис.1 изображен график зависимости частоты от спектральной плотности мощности, на которой можно видеть низкие значения спектральной плотности на высоких частотах. Анализ спектра проведен методом Уэлча с использованием окна Хэмминга.



**Рис.1. Зависимость частоты от спектральной плотности мощности при использовании метода Уэлча с окном Хэмминга**

На рис.2 аналогичный график построен на основе анализа звукового сигнала методом Уэлча с окном Кайзера.



**Рис.2. Зависимость частоты сигнала от спектральной плотности мощности при использовании метода Уэлча с окном Кайзера**

На практике получаемые при анализе звукового сигнала различными методами спектральные оценки могут сохраняться в базе данных с целью их периодического сравнения с вновь получаемыми оценками. На основе данного сравнения могут быть приняты решения о возможных сбоях в работе технологического оборудования, работающего в производственных помещениях. Сравнение оценок можно осуществлять с применением известных двухвыборочных статистических критериев типа Колмогорова - Смирнова и Омега-квадрат - Лемана - Розенблатта.

## **РАЗРАБОТКА КОНФИГУРАТОРА ОБИВОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ВНЕДРЕНИИ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАСКРОЯ НА МЕБЕЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ**

*Изатуллоев Р.С., Чернышева Л.В.*

**Костромской государственный технологический университет, Россия**

С введением автоматизированного раскроя обивочных материалов на мебельном производстве возникла необходимость нового подхода к применению обивочных материалов, учитывая их художественно-колористическое оформление и размер раппортного рисунка.

В настоящее время на российском рынке мебельных тканей существует широкий ассортимент продукции, который можно условно разделить на два основных типа: тканые и нетканые текстильные материалы. Обе группы сегодня популярны и представлены у разных производителей в широком ассортименте. Тканые обивочные материалы условно можно разбить на 3 основных группы:

- **группа 1:** жаккардовые обивочные материалы (гобелен, жаккард, терможаккард (скотчгард), шенилл). К преимуществам данных материалов можно отнести повышенную стойкость к истиранию, высокую воздухопроницаемость, многообразие расцветок и легкость ухода; к недостаткам – высокая цена и низкая устойчивость к воде;

- **группа 2:** ворсовые обивочные материалы (бархат, плюш, вельвет, велюр, микрофибра). Достоинствами данных материалов являются высокие тактильные и эстетические свойства, хорошая теплопроводность, формоустойчивость. К недостаткам можно отнести сложность ухода, высокая электризация ворсинок, в результате чего материал сильно притягивает пыль.

- **группа 3:** обивочные материалы, выработанные мелкоузорчатым переплетением (репс, шагреня, рогожка), имеют высокую прочность и износостойкость, низкую ценовую категорию, обеспечивают легкость ухода, но имеют однообразные рисунки на поверхности ткани.

В данной работе рассматривается использование только тканых обивочных материалов. Условно данные материалы по размеру рисунка можно разбить на 2 группы: ткани без подгонки (малый до 5 см раппортный рисунок и мелкоузорчатые переплетения, не имеющие четко выраженного раппорта рисунка), и ткани с подгонкой (большой раппортный рисунок – жаккарды, шениллы, гобелены и т.п.).

Принцип создания конфигуратора достаточно прост: в основу заложено деление дивана на три составные части: приспинную часть (код 1), сидение (код 2) и царгу с подлокотниками (код 3) (рис. 1). Если у дивана приспинная часть и сидение изготавливаются из одного материала, то это условно обозначаем как 1+2, если сидение и царга с подлокотниками из одного материала – соответственно 2+3, если все изделие из одного материала, то 1+2+3.

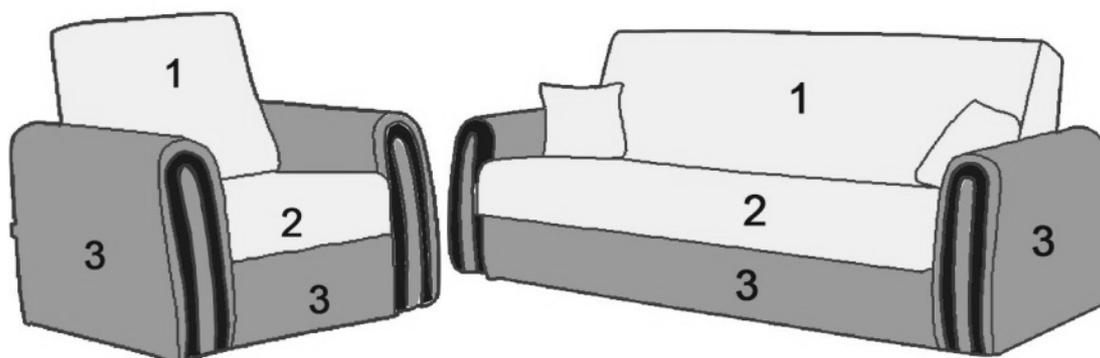


Рис. 1. Деление мягкой мебели на составные части

Рассмотрим на примере дивана (табл. 1).

Таблица 1

## Пример применения обивочных материалов

Составляющие	КОД	Ткань без подгонки	Ткань с подгонкой
Спинка	1	-	-
Сидение	2	-	-
Царга + подлокотники	3	+	-
Спинка и сидение из одного материала	1+2	+	+
Сидение и царга с подлокотником из одного материала	2+3	-	-
Все изделие из одного материала	1+2+3	+	-

Из табл. 1 видно, что данное условное изделие можно изготовить в следующих комбинациях: царга, подлокотники, сидение и спинка из ткани без подгонки, при этом элементы могут быть выполнены с применением тканей-компаньонов; царга и подлокотники – из ткани без подгонки, и спинка и сидение – из ткани с подгонкой; а также все изделие из одного материала из ткани без подгонки.

Данная таблица разрабатывается для каждого вида мягкой мебели в зависимости от размеров и формы.

Таким образом, разработан конфигуратор, позволяющий более рационально использовать мебельно-декоративные ткани при применении на мебельном производстве автоматизированного раскроя составных частей обивки мягкой мебели. Это позволит существенно сократить расходы основного материала при изготовлении мягкой мебели.

## МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ МОДЕЛИ ОБЪЕКТА В ПЕРЕМЕННЫХ СОСТОЯНИЯХ

*Кузнецов С.С., Рыжкова Е.А.*

Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

Повсеместное применение цифровых компьютеров в настоящее время побуждает обращаться к описанию систем управления во временной области, что лежит в основе современной теории управления и методов оптимизации.

Анализ и синтез системы управления во временной области основан на понятии состояния системы, т.е. совокупности таких переменных, знание которых наряду с входными функциями и уравнениями, описывающими динамику системы, позволяет определить её будущее состояние и выходную переменную. Это такие переменные, которые определяют будущее поведение системы, если известно её текущее состояние и все внешние воздействия. Состояние системы описывается дифференциальными уравнениями первого порядка относительно каждой из переменных состояния.

В ранее проведённых исследованиях получены передаточные характеристики участков сложной динамической системы, на примере пароперегревателя энергетического котла. Передаточные функции исследуемого объекта управления в непрерывной форме представляют собой апериодическое звено второго порядка:

$$W(p) = \frac{K}{a_1 p^2 + a_2 p + 1} = \frac{y(p)}{u(p)}. \quad (1)$$

При переходе во временную область дифференциальное уравнение данной системы принимает вид:

$$a_1 \frac{d^2 y(t)}{dt^2} + a_2 \frac{dy(t)}{dt} + y(t) = Ku(t). \quad (2)$$

Полученное уравнение также можно записать в виде:

$$\frac{d^2 y(t)}{dt^2} = \frac{K}{a_1} u(t) - \frac{a_2}{a_1} \frac{dy(t)}{dt} - \frac{1}{a_1} y(t). \quad (3)$$

Используя метод переменных состояния, вводим следующие переменные:

$$x_1(t) = y(t); \quad (4)$$

$$x_2(t) = \frac{dy(t)}{dt} = \frac{dx_1(t)}{dt} = \dot{x}_1(t). \quad (5)$$

На основании формул [3], [4], [5] можно записать следующее равенство:

$$\frac{d^2 y(t)}{dt^2} = \frac{dx_2(t)}{dt} = \dot{x}_2(t) = -\frac{a_2}{a_1} x_2(t) - \frac{1}{a_1} x_1(t) + \frac{K}{a_1} u(t). \quad (6)$$

Уравнения [4], [5], [6] представляют собой модель системы в переменных состояния, однако эту модель удобнее представить в следующей форме:

$$\dot{x}_1(t) = x_2(t);$$

$$\dot{x}_2(t) = -\left(\frac{1}{a_1}\right)x_1(t) - \left(\frac{a_2}{a_1}\right)x_2(t) + \left(\frac{K}{a_1}\right)u(t);$$

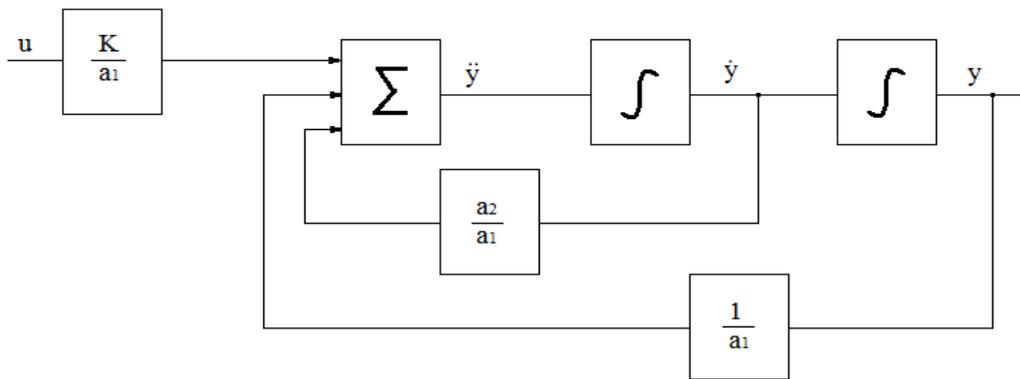
$$y(t) = x_1(t).$$

Для упрощения работы с уравнениями состояния их нужно перевести в векторно-матричную форму:

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1(t) \\ \dot{x}_2(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -\frac{1}{a_1} & -\frac{a_2}{a_1} \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{K}{a_1} \end{bmatrix} u(t) ;$$

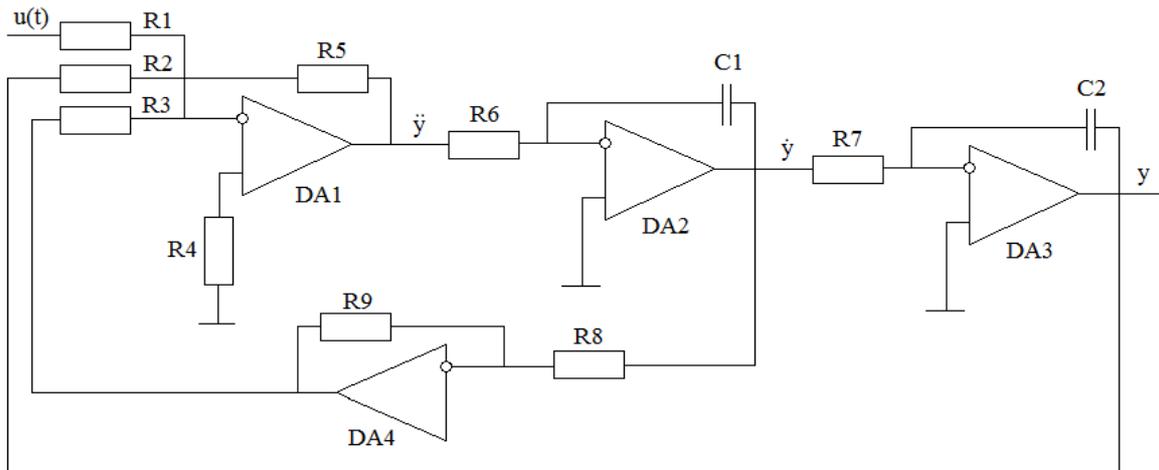
$$y(t) = [1 \quad 0] * \begin{bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \end{bmatrix}$$

На основе полученных уравнений построена схема моделирования, представленная на рис.1.



**Рис. 1. Схема моделирования**

Построение структуры адаптивного регулятора на основе полученной схемы моделирования не составляет особого труда, однако, учитывая, что в каждом контуре схемы должно быть нечётное число операционных усилителей, во второй контур был добавлен усилитель DA4 (рис.2).



**Рис. 2. Адаптивный регулятор (DA1- 4 – операционные усилители, R1- 8 – резисторы, C1-2 конденсаторы)**

Реализация данной схемы в промышленных условиях позволит повысить качество переходных процессов сложных динамических систем, а

также может эффективно использоваться в сочетании с другими методами компенсации систем регулирования объектов с запаздыванием.

## **КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНТУРОВ ПОВЕРХНОСТИ РУКАВОВ ЖЕНСКОЙ ОДЕЖДЫ**

*Кочанова Н.М.*

**Ивановский государственный политехнический университет, Россия**

На современном этапе развития сферы проектирования одежды активно развивается процесс разработки и внедрения новых компьютерных технологий, которые позволяют ввести элементы интеллектуального управления, повысить эффективность производства, снизить трудовые и материальные затраты. Частным случаем подобного процесса являются развивающиеся программные продукты и научные направления в области моделирования одежды в 3D пространстве, которые создают условия для проектирования пространственно и конструктивно сложной одежды. Такой способ создания конструкции изделия является средством формализации макетного метода и визуализации представлений проектировщика о внешнем виде будущего образца, что позволяет выполнять примерку без изготовления образца в материале.

Современные 3D системы (САПР Ассоль, Julivi, Gerber, Lectra, PAD-system и др.) позволяют проектировать в виртуальном пространстве малообъемную и плотно облегающую одежду, которая имеет гладкую поверхность с фрагментарно расположенными складками. Для проектирования одежды более разнообразных объемно-пространственных форм, целенаправленного преобразования чертежей конструкций деталей в их материальные трехмерные оболочки существующего программного обеспечения недостаточно.

В настоящей работе областью исследования является процесс проектирования втачных рукавов, в частности, приемы конструктивного моделирования их плоских чертежей деталей.

На базе САПР «Грация» реализован алгоритм построения внешней формы втачного рукава женской одежды, который предусматривает поэтапный переход от теоретического чертежа фигуры к теоретическому чертежу одежды. Согласование поверхностей руки и рукава осуществляется за счет величин зазоров и прибавок между соответствующими антропометрическими и конструктивными точками и линиями на теоретическом чертеже. Величины зазоров рассчитываются в автоматическом режиме по полученным в работе функциональным уравнениям.

С целью изучения и количественной оценки разных форм втачных рукавов (с расширением вверху, внизу) проведен ряд экспериментов по натурному макетированию из различных текстильных материалов (более

100 макетов). В результате исследований получены количественные характеристики рукавов, включающие:

- проекционные параметры на уровнях параметризации формы рукава (середины оката, глубины оката, середины плеча, локтя и низа рукава): профильные и фронтальные ширины внешней формы рукавов, зазоры в горизонтальных и вертикальных сечениях системы «рука-рукав»,

- значения параметров конструктивного моделирования плоских чертежей рукавов.

В качестве исходных данных в алгоритме используются показатели внешней формы проектируемого рукава (определяются на этапе эскизного проекта), показатели свойств текстильного материала, из которого будет изготовлено изделие.

При варьировании значений входных параметров возможно получение различных внешних форм рукавов. Структура алгоритма, реализуемого в полуавтоматическом режиме, показана на рис. 1.



Рис. 1. Структура алгоритма построения внешней формы рукава

Результаты, полученные в работе, позволяют проектировать чертежи модельных конструкций втачных рукавов в соответствии с заданными показателями объемно-пространственной формы, а также связать этапы проработки новых моделей, начиная от художественного замысла и заканчивая чертежами конструкций.

## **ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ СОЗДАНИЯ УПРАВЛЯЕМОГО ПРОЦЕССА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОНСТРУИРОВАНИЯ РУКАВА ПО ВИЗУАЛЬНОМУ ОБРАЗУ МОДЕЛИ**

*Кузнецова А.В., Доронина Н.В.*

Ивановский государственный политехнический университет, Россия

Одним из перспективных направлений автоматизации проектирования одежды является создание интерактивных систем для управления процессом формообразования основных узлов по параметрам визуального образа моделей. Визуальный образ в виде фотоизображения, теоретического чертежа или трехмерного изображения модели характеризует взаимосвязи в системе «фигура-одежда».

Специалисты в области проектирования швейных изделий считают, что 30% всех фигур потребителей имеют ярко выраженные особенности строения (соматические особенности). Проектирование конструкций для них имеет много особенностей, связанных в первую очередь с обязательным выполнением детального антропометрического анализа этих фигур. Это остро ставит вопрос о необходимости разработки адаптированных и предпочтительных фасонов одежды и модельных конструкций для фигур с разной морфологией.

В практике конструирования одежды для людей с разными соматическими особенностями типовые формулы построения рукава не дают качественной посадки изделия на фигуре потребителя [1]. Процесс измерения размеров тела человека обычно является контактным, что может вызывать дискомфорт и неприязнь для людей с отсутствующими конечностями, с ДЦП и другими особенностями в строении, в виду длительности процесса и, как следствие, высокой утомляемости [2]. Измерение детей еще более сложный процесс, в виду психологической неготовности ребенка к данной процедуре.

Применительно к узлу рукава разнообразие алгоритмов управления основано на различных подходах к согласованию параметров проймы и оката через заданные величины посадки по участкам оката рукава –  $ПОР_i$ . При этом управление формой проводят после построения чертежа за счет корректировки параметров высоты и ширины оката (ВОР, ШОР). В существующих САПР для получения заданной формы конструкции рукава

предлагают расчетные или графические способы согласования параметров чертежа, которое проводят на интуитивном уровне без аналитического обоснования их взаимосвязи в системе «фигура – одежда» [3].

Для управления процессом формообразования основных узлов по параметрам визуального образа моделей нами предложен универсальный алгоритм, который реализует постепенный согласованный пересчет теоретического чертежа формы рукава на фигуре в параметры чертежа. Алгоритм предусматривает последовательное выполнение четырех этапов, включающих построение шаблона замкнутой проймы стана и теоретического чертежа рукава на абрисе фигуры, формирование беспосадочного шаблона оката и нижней части рукава, с последующими преобразованиями за счет раздвижки сегментов шаблона оката на заданные величины посадки.

Последовательность построения:

1) строят сплайн линию сечения фигуры на уровне обхвата плеча по данным размерных признаков полученных с абрисов (теоретических чертежей) типовых фигур или с масштабированного фотоизображения фигуры конкретного потребителя;

2) строят сплайн линию сечения визуального образа рукава на уровне обхвата плеча вокруг сечения обхвата плеча фигуры в зависимости от степени отстояния рукава от руки;

3) строят сплайн линию сечения на уровне обхвата запястья фигуры по данным размерных признаков полученных с абрисов (теоретических чертежей) типовых фигур или с фотоизображения фигуры конкретного потребителя;

4) строят сплайн линию сечения визуального образа рукава на уровне обхвата запястья вокруг сечения обхвата запястья в зависимости от степени отстояния рукава от руки;

5) откладывают по вертикали вверх верхнюю точку оката рукава от плечевой точки профильной проекции фигуры, учитывая толщину пакета материалов и толщину плечевой накладки и возможность сдвига плечевого шва в сторону полочки или спинки;

6) откладывают ширину рукава на уровне высоты заднего угла подмышечной впадины профильной проекции фигуры по данным горизонтального сечения на уровне обхвата плеча, как расстояние между крайними точками визуального образа рукава;

7) определяют положение рукава на уровне обхвата кисти профильной проекции фигуры по данным горизонтального сечения на уровне обхвата запястья, как расстояние между крайними точками визуального образа рукава;

8) оформляют линию визуального образа рукава через получившиеся точки, корректируя с помощью изменения углов направления линии желаемую форму рукава;

9) определяют положение контрольных знаков линии проймы т332 и т352 на визуальном образе рукава, откладывая от плечевой точки по линии визуального образа рукава расстояние до контрольных знаков, равное расстоянию соответствующих участков проймы стана;

10) проводят из получившихся точек 3332 и 352 рукава дуги радиусами равными длине отрезков, соединяющих одноименные точки стана с т341 стана, на пересечении которых получают т341 рукава;

11) копируют нижний передний участок проймы со стана на визуальный образ рукава, совмещая контрольные знаки;

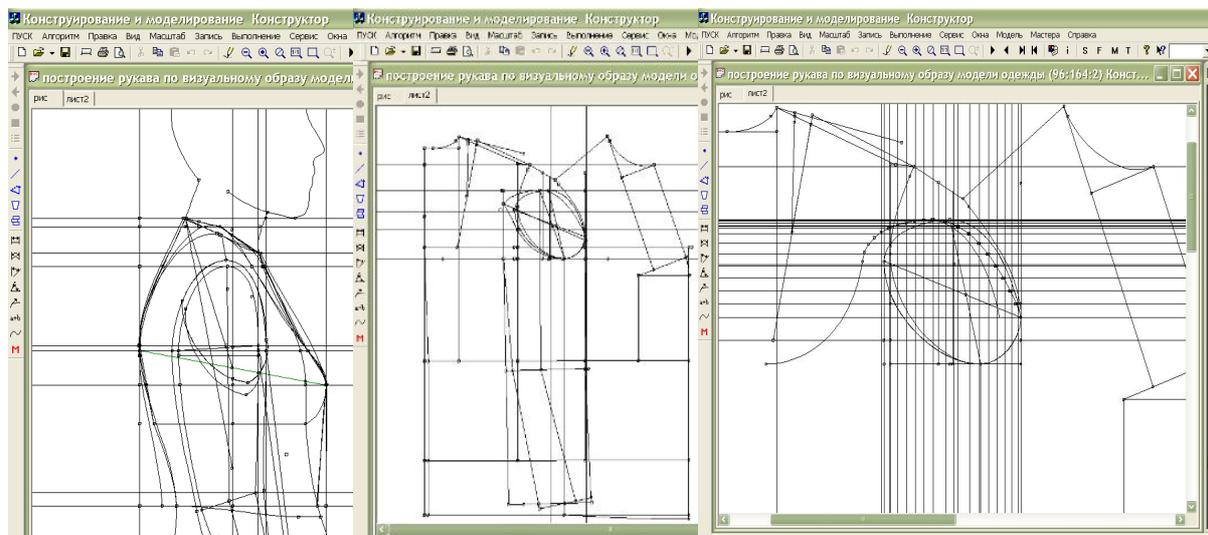
12) проводят с помощью гибкого лекала плавную линию проймы через остальные точки, соответствующие контрольным знакам визуального образа рукава;

13) проводят замкнутый контур проймы с помощью гибкого лекала заданной длины в виде сплайн линии через четыре базовые точки визуального образа рукава;

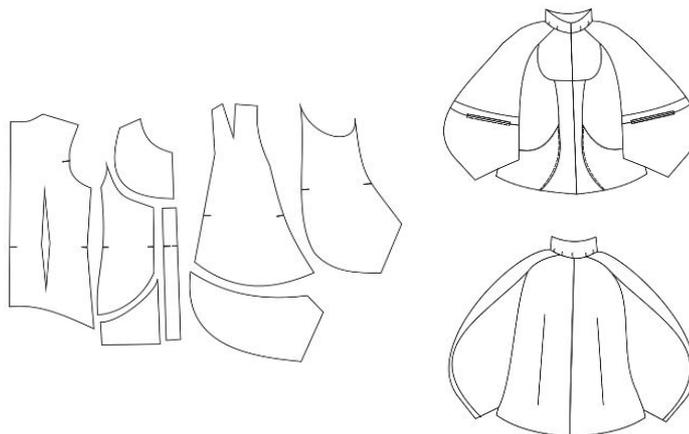
14) копируют замкнутый контур проймы с профильного абриса фигуры на открытую пройму конструкции, совмещая 341 точку проймы стана с 341 точкой контура проймы визуального образа рукава;

15) трансформируют гибкую сплайн линию замкнутого контура проймы путем изометрических преобразований на величины деформации с учетом свойств материала, особенностей формообразования.

Предложенный алгоритм позволяет проектировать конструкцию рукава по визуальному образу одежды (рис.1) на фигуре потребителя различного телосложения (рис.2), обеспечить соответствие желаемых и фактических параметров конструкции рукава; добиться качественной посадки рукава за счет сквозной передачи информации о конфигурации и параметрах замкнутой проймы в соответствующие параметры оката и дифференцированного распределения посадки по окату рукава.



**Рис. 1. Автоматизированное проектирование рукава по визуальному образу модели в САПР «Грация»**



**Рис. 2. Пример конструкции ветрозащитной куртки для фигуры с ДЦП, построенной по новому алгоритму**

Разработанный алгоритм универсален и может быть использован в качестве независимого модуля в программе построения конструкции плечевой одежды по визуальному образу модели одежды. Апробация алгоритма в САПР «Грация» [4] показала, что полученная конструкция рукава не требует дополнительного согласования и корректировки параметров оката и воспроизводит заданную на визуальном образе форму рукава.

#### Литература

3. Ефимова О.Г., Игнатьева Т.А., Корнилович А.В., Доронина Н.В. Особенности экспертизы качества швейных изделий // Современные наукоёмкие технологии и перспективные материалы текстильной и лёгкой промышленности (ПРОГРЕСС-2013): сборник материалов Международной научно-технической конференции. – Иваново: ФГБОУ ВПО «ИГТА», 2013. – №1(1). – С. 292-293.

4. Савичева Е.О., Доронина Н.В. Бесконтактные исследования пластики тела для проектирования функционально – эргономичной одежды, улучшающей качество жизни людей с индивидуальными соматическими особенностями // Перспективное развитие науки, техники и технологий: материалы 4-й Международной научно – практической конференции посвященной 50-летию механико-технологического факультета ЮЗГУ– Россия, г.Курск, 17-18 октября 2014 г. В 2 ч. Ч.1/ УО «ЮЗГУ». – Курск: 2014. – С. 306-308.

5. Кузнецова А.В., Доронина Н.В. Решение различных прикладных задач процесса проектирования одежды с помощью технических средств и программного обеспечения // Современные наукоёмкие технологии и перспективные материалы текстильной и лёгкой промышленности (ПРОГРЕСС-2013): сборник материалов Международной научно – технической конференции. – Иваново: ФГБОУ ВПО «ИГТА», 2013. – №2(1). –

С. 45-46.

6. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2012610833 Российская Федерация. Программа для построения чертежей конструкций рукавов с заданными параметрами оката по визуальному образу модели одежды / А.В. Смирницкий, А.В. Кузнецова, Н.И. Ахмедулова, А.Е. Горелова; заявитель ФГБОУ ВПО «ИГТА». – № 2011618900; заявл. 24.11.11; опубл. 19.01.12. – 34 с.

## **КЛАССИФИКАЦИЯ МЕХАНИЗМОВ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ С ТРЕМЯ СТЕПЕНЯМИ СВОБОДЫ**

*Хейло С.В., Глазунов В.А.*

**Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия**

Манипуляционные механизмы параллельной структуры широко используются в различных отраслях промышленности, в современных высокопроизводительных системах комплексной механизации и автоматизации, а также в проведении работ высокой точности [1–3]. Исследования и создания таких механизмов является одной из мировых тенденций развития робототехники.

Важным этапом исследования механизмов параллельной структуры является их классификация. Классификация механизмов проводилась в работах К. Ханта [4], А. Ш. Колискора, А.Ф.Крайнева, В.А.Глазунова [5–7]. Такая классификация позволяет синтезировать новые схемы механизмов. При проведении классификации механизмов параллельной структуры применяется винтовой метод исследования, который позволяет оперировать с геометрическими образами более высоких порядков.

В результате изучения операций, связанных с применением роботов в текстильной и легкой промышленности, удалось выяснить, что наиболее востребованными являются плоские, поступательные и сферические механизмы с тремя и меньшим числом степеней свободы. В случае, если необходимы дополнительные движения, то можно добавить одну степень свободы, не изменяя общей конструкции механизма.

Классификация механизмов для плоских, поступательных и вращательных движений проведена с использованием разных групп винтов [5, 6]. Если выходное звено соединено с основанием кинематической цепью, которая обеспечивает движения, соответствующие замкнутой группе винтов, то присоединение другой цепи, соответствующей той же группе, не изменит числа степеней свободы. Если присоединяемая группа содержит меньшее число винтов, то число степеней свободы уменьшится. Для этого используется общая формула:

$$W = 6 - \sum_{i=1}^k D_i, \quad (1)$$

где  $W$  – число степеней свободы;  $D$  – число связей, налагаемых  $i$ -й кинематической цепью;  $k$  – число кинематических цепей,  $i=1, k$ .

$$D = -6 \cdot n_i + 5 \cdot p_{5i} + 4 \cdot p_{4i} + 3 \cdot p_{3i} + 2 \cdot p_{2i} + p_{1i} \quad (2)$$

где  $n_i$  – число промежуточных звеньев, расположенных между основанием и выходным звеном;  $p_{5i}, p_{4i}, p_{3i}, p_{2i}, p_{1i}$ , – число кинематических пар с 1, 2, 3, 4, 5 подвижностями в  $i$ -й кинематической цепи.

Классификацию и синтез механизмов параллельной структуры можно проводить на основании формул (1), (2). Каждая кинематическая цепь содержит привод или накладывает связи на движения выходного звена. Классификация механизмов представлена в табл. 1.

Классификация проведена по следующим признакам: числу степеней свободы  $W$ , числу кинематических пар и налагаемых связей каждой цепью. В первой строке обозначено количество кинематических цепей и число налагаемых связей этой цепью, цифра в скобках указывает число приводных пар в кинематических цепях, под которыми эти цифры расположены. Подчеркнутые цифры обозначают цепи с общими связями (для сферических – все вращательные пары пересекаются в одной точке, для плоского – три вращательные; одна поступательная и две вращательные; две поступательные и одна вращательная, все вращательные параллельны, все поступательные).

Таблица 1

Классификация механизмов параллельной структуры, соответствующих трехчленным группам

$W$	Число соединительных цепей $k$						
3	3						
	<u>333</u> (111)	<u>663</u> (111) (210)	<u>563</u> (111) (210) (120) (030)	<u>563</u> (111) (210) (300)	555 (111) (210) (300)	<u>633</u> (111) (210) (300)	<u>533</u> (111) (210) (300)
	2						
3	<u>33</u> (21)	<u>63</u> (21) (30) (12)	<u>53</u> (21) (12) (30)				

Плоские, поступательно-направляющие и сферические механизмы соответствуют замкнутым трехчленным группам винтов. В связи с этим для них могут применяться редуцированные формулы, соответствующие пространству, равным трем. Выходное звено соединено с основанием хотя бы одной цепью, которая обеспечивает движения, соответствующие трехчленной группе винтов.

Для рассматриваемой группы это можно выразить структурной формулой:

$$W = 3 - \sum D_i, \quad (3)$$

где  $W$  – число степеней свободы,  $D_i$  – число связей, налагаемых  $i$ -й кинематической цепью;  $i = 1 \dots k$ ;  $k$  – число кинематических цепей.

Величину  $D_i$  определяют как

$$D_i = -3 \cdot n_i + 2 \cdot p_{5i}, \quad (4)$$

где  $n_i$  – число промежуточных звеньев, расположенных между основанием и выходным звеном.

Базовые схемы механизмов параллельной структуры различаются числом степеней свободы – от одного до трех и числом соединительных цепей.

Однако механизм может содержать кинематические цепи, которые соответствуют либо не соответствуют замкнутым группам винтов. В связи с этим, для разных цепей могут быть использованы разные структурные формулы.

Таким образом, проведенная классификация позволяет синтезировать механизмы параллельной структуры, учитывая степени свободы, количество приводных пар и кинематических цепей.

#### Литература

1. *Merlet J. P.* Parallel robots. –Kluwer Academic Publishers, 2000. – 372p.
2. *Хейло С.В., Глазунов В.А., Ширинкин М.А., Календарев А.В.* Возможные применения механизмов параллельной структуры // Проблемы машиностроения и надежности машин. –2013. – №5. – С. 19–24.
3. *Хейло С.В., Глазунов В.А., Палочкин С.В.* Манипуляционные механизмы параллельной структуры. Структурный синтез. Кинематический и силовой анализ: монография – М.: ФГБОУВПО “МГТУ им. А.Н. Косыгина”, 2011. – 153 с.
4. *Хант К.Х.* Кинематические структуры манипуляторов с параллельным приводом. // Тр. Амер. о-ва инженеров-механиков. Конструирование и технология машиностроения. –1983. – № 4. – С. 201–210.
5. *Глазунов В.А., Колискор А.Ш., Крайнев А.Ф.* Пространственные механизмы параллельной структуры. – М.: Наука, 1991. – 95 с.
6. *Глазунов В.А.* Структура пространственных механизмов. Группы винтов и структурные группы //Инженерный журнал. Справочник. – 2010.– № 3. – С. 1–24.
7. *Глазунов В.А, Хейло С.В., Ширинкин М.А., Ларюшкин П.А., Ковальчук А.В.* Манипулятор параллельной структуры с четырьмя степенями свободы // Вестник нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. – 2011. –Ч.2. – №4. – С. 92-94.

## ДИАЛОГОВЫЕ ПРОЦЕДУРЫ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОГО ВЫБОРА

*Кузьмич И.В., Степанова О.П., Стрельников Б.А., Кузьмич В.М.*  
Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

В системах управления сложными технологическими объектами выбор оптимального решения, как правило, осуществляется при наличии нескольких критериев оптимизации [1]. Формализация такого выбора приводит к построению моделей оптимизации с несколькими целевыми функциями (ЦФ). Для решения этих сложных задач используются различные методы, среди которых можно выделить три основные группы:

- методы сведения исходной векторной задачи к скалярной [1,2];
- методы многомерной теории полезности [3];
- методы по последовательно применяемым критериям [1].

В рамках этих методов продолжает развиваться формальное направление, позволяющее осуществить дальнейшую формализацию проблемы и получить математически корректную постановку оптимизационной задачи.

Методы первой группы наиболее проработаны и чаще всего используются при решении задач многокритериальной выбора, особый интерес в этой группе привлекает метод целевого программирования [1, 2], в котором требуется априори задать значение целевого вектора.

Вторая группа методов основана на введении функции полезности  $U(X)$  для отношения предпочтения, определенная на множестве допустимых решений. Отношение предпочтения вводится аксиоматически. Различия в системах аксиом определяют разнообразие используемых функций полезности [3]. Но в большинстве случаев, в практических задачах невозможно определить приемлемую аппроксимацию функции полезности  $U(X)$ , не используя априорную информацию о локальных критериях.

Методы последовательной или лексикографической оптимизации, которые относятся к третьей группе, также используют априорную информацию: в них критерии оптимизации упорядочены по степени важности. Вначале проводится оптимизация на области допустимых значений  $\{X\}$  по самому важному критерию, а затем на найденном множестве оптимальных решений по первому критерию оптимизируется второй критерий и т.д. Рассмотрим подробнее метод последовательных уступок, который является одним из наиболее употребительных методов третьей группы [1].

*Метод последовательных уступок.* Пусть  $\{X\}$  – область допустимых решений,  $X=(x_1, x_2, \dots, x_n) \in \{X\}$ ,  $f_1(X), f_2(X), \dots, f_k(X)$  – локальные критерии, которые упорядочены по степени важности. Будем предполагать, что все локальные критерии необходимо максимизировать (минимизировать). Требуется найти значение  $X^*$ , на котором достигаются предпочтительные

значения по всем локальным критериям.

В методе последовательных уступок первоначально (безусловно) максимизируется (минимизируется) первый по важности критерий  $f_1(X)$ , и определяется его наибольшее (наименьшее) значение  $f_1^*$ . Затем назначается величина допустимого снижения (увеличения)  $d_1 > 0$  критерия  $f_1(X)$  и ищется наибольшее (наименьшее) значение  $f_2^*$  второго критерия  $f_2(X)$  при условии, что значение  $f_1(X)$  должно быть не меньше (не больше), чем  $f_1^* - d_1$  ( $f_1^* + d_1$ ). Снова назначается величина уступки  $d_2 > 0$ , но уже по второму критерию, которая вместе с первой используется для нахождения условного максимума (минимума) третьего критерия и т.д. Наконец, максимизируется (минимизируется) последний по важности критерий  $f_k(X)$  при условии, что значение каждого критерия  $f_r(X)$  из  $(k-1)$  предыдущих критериев должны быть не меньше (не больше) соответствующей величины  $f_r(X) - d_r$  ( $f_r(X) + d_r$ ).

Таким образом, последовательно решаются следующие задачи:

Максимизация	Минимизация
1. $\max_{X \in \{X\}} f_1(X) = f_1^*$	$\min_{X \in \{X\}} f_1(X) = f_1^*$
2. $\max_{\substack{X \in \{X\} \\ f_1 \geq f_1^* - d_1}} f_2(X) = f_2^*$	$\min_{\substack{X \in \{X\} \\ f_1 \leq f_1^* + d_1}} f_2(X) = f_2^*$
к. $\max_{\substack{X \in \{X\} \\ f_i \geq f_i^* - d_i \\ i=1, \dots, k-1}} f_k(X) = f_k^*$	$\min_{\substack{X \in \{X\} \\ f_i \leq f_i^* + d_i \\ i=1, \dots, k-1}} f_k(X) = f_k^*$

И в этом методе используется априорная информация: критерии необходимо упорядочить по степени важности и задать величину уступки на каждом этапе алгоритма.

Как видим, формальные модели методов многокритериальной оптимизации недостаточны для нахождения оптимального решения. Они позволяют существенно сузить область допустимых решений, оставив лишь эффективные решения, претендующие на оптимальность [1].

Для выбора окончательного решения практически во всех методах необходимо использовать дополнительную информацию. Это информация может быть получена априорно из анализа реальных условий решения задачи или может быть задана в диалоговом режиме в процессе работы программы.

В настоящее время в условиях интенсивного развития новых компьютерных технологий особую актуальность приобретает эвристический подход к разработке систем принятия решений. Для реализации такого подхода создаются диалоговые системы, реализующие формальную модель метода и позволяющие уточнять направление поиска решения, учи-

тивная экспертную информацию в процессе решения задачи.

Проблема такого выбора довольно часто возникает и в практике управления технологическими процессами прядильного производства. Диалог позволяет в процедурах принятия решений сочетать знания, интуицию и практический опыт технолога с вычислительными возможностями ЭВМ, обеспечивающими быструю обработку больших объемов данных.

Для метода последовательных уступок разработана диалоговая программа на объектно-ориентированном языке программирования Visual Basic for Application в среде Ms Excel, которая прошла апробацию на данных прядильного производства в составе ДСОУ [4] и используется при выполнении лабораторных работ по дисциплине «Методы оптимизации в АСОИУ».

### Литература

1. *Леоненков А.В.* Решение задач оптимизации в среде MS Excel. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005., 704 с.

2. *Кузьмич И.В., Степанова О.П., Федина Л.А.* Алгоритмы принятия решений в условиях многокритериальности // Материалы Международной научно-технической конференции «Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности». – М.: МГУДТ, 2014.

3. *Орловский С.А.* Проблемы принятия решений при нечеткой исходной информации. – М.: Наука, 1981. - 206 с.

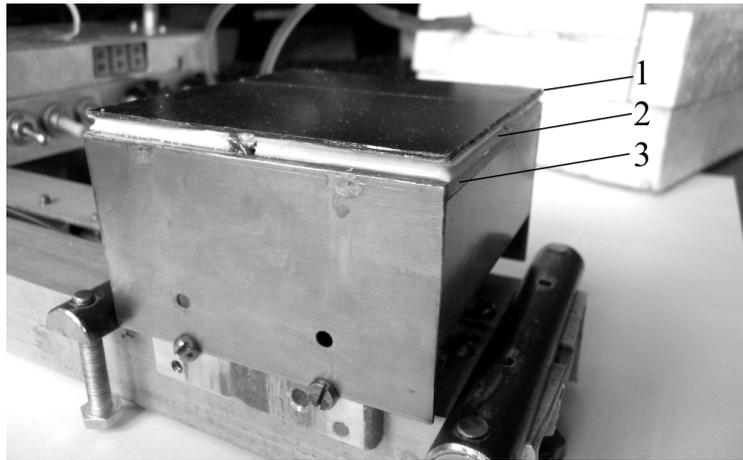
4. *Кузьмич И.В.* Диалоговая система идентификации и управления для исследования процессов прядильного производства // Тезисы докладов всероссийской научной конференции «Информационные технологии в образовательной, научной и управленческой деятельности (Инфотекстиль-2004). – М.: МГТУ, 2004.

## **ТОНКИЙ ЭЛЕКТРОННЫЙ НАГРЕВАТЕЛЬ-ХОЛОДИЛЬНИК С ТЕМПЕРАТУРНОЙ СТАБИЛИЗАЦИЕЙ**

*Родэ С.В., Шампаров Е.Ю., Жагрина И.Н.*

Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

Для прецизионных измерений тепловых характеристик различных материалов особую важность имеет возможность установления и контроля температуры образца. Наиболее интересны характеристики материалов при температурах близких к комнатной [1]. Нами сконструирован, собран и протестирован электронный нагреватель-холодильник, позволяющий устанавливать, измерять и стабилизировать температуру образцов в диапазоне от -25 до 65°C (рис.1).



**Рис. 1. Электронный нагреватель-холодильник**  
(1 – кремниевая пластина, 2 – элементы Пельтье, 3 – медная пластина – радиатор элементов Пельтье)

Нагреватель-холодильник выполнен в виде столика с горизонтальной верхней поверхностью, поверх которой помещаются исследуемые образцы. Верхней поверхностью столика служит тонкая пластина из монокристаллического кремния. Длина пластины 87 мм, ширина – 82 мм, толщина – 0.8 мм. Кремний обладает исключительно высокой теплопроводностью [2] и обеспечивает одинаковую температуру на всей поверхности.

Кремниевую пластину охлаждаем или нагреваем четырьмя элементами Пельтье [3] размером  $4 \times 4 \text{ см}^2$ , толщиной 4 мм, максимальной холодопроизводительностью  $X_m = 25 \text{ Вт}$  и максимальным перепадом температуры  $\Delta T_m = 40^\circ\text{C}$ . Для переключения из режима нагревателя в режим холодильника меняем полярность включения элементов. Холодопроизводительность каждого элемента при реализуемом перепаде температуры  $\Delta T$  составляет

$$X = X_m(1 - \Delta T/\Delta T_m). \quad (1)$$

Элементы Пельтье и датчик температуры приклеены к пластине эпоксидным клеем.

Обратной стороной элементы Пельтье приклеены к такой же по длине и ширине медной пластине толщиной 4 мм (см. рис.1). К ней также приклеен измеряющий температуру датчик.

От элементов Пельтье необходимо отводить большую мощность, до 200 Вт. Поэтому организовано водяное охлаждение. К пластине снизу припаяна медная трубка диаметром 5 мм. При расходе воды 50 г/с температура пластины меняется не больше чем на  $1^\circ\text{C}$ .

Для измерения температур используем цифровые датчики DS18B20, соединенные с модулем MP707 (термометр-термостат) [4]. Он соединен с USB-портом компьютера. Модуль регистрирует данные и передает их в компьютер, где их можно посмотреть, запустив программу VM1707.exe. Точность (квант) измерения температуры – 0.125 К. Данные можно записать в файл в виде зависимости температуры от времени. Каждому датчику

соответствует свой уникальный номер, который компьютер считывает при запуске программы. Питание датчиков идет от USB-порта компьютера. Измерение температуры можно осуществлять и при включенном, и при выключенном питании нагревателя-холодильника.

Для стабилизации температуры выполнена схема управления питанием элементов Пельтье (рис.2).

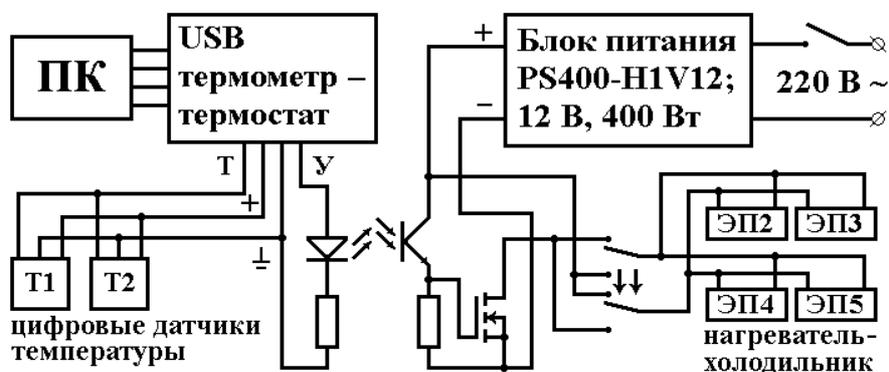


Рис. 2. Электрическая схема нагревателя-холодильника

Выбираем соответствующий кремниевой пластине датчик в программе VM1707.exe и устанавливаем для него температуру переключения состояний на выходах модуля MP707 из 0 в 1 и из 1 в 0. При установке режима включения и выключения термостата надо учитывать, что температуру можно поддерживать на уровне и выше, и ниже комнатной. Для этого тумблером можно менять полярность питания элементов Пельтье. В первом случае элементы служат для охлаждения, а во втором для нагревания образца. Поэтому в первом режиме стабилизации температура включения должна быть выше, а во втором наоборот должна быть ниже температуры выключения.

Для питания используем готовый блок PS400-H1V12 (12 В, 400 Вт). Сигнал включения элементов Пельтье проходит через оптопару и подается на затвор управляющего полевого транзистора IRLR8726 PBF, обладающего очень малым сопротивлением открытого проводящего канала. В режиме холодильника питание элементов Пельтье включается, когда температура кремниевой пластины становится выше заданной, и снова выключается, когда температура пластины становится ниже заданной. Соответственно наоборот в режиме нагревателя.

Таким образом, нами представлена конструкция сравнительно миниатюрного электронного холодильника-нагревателя, позволяющего устанавливать и контролировать температуру образцов в широком температурном диапазоне. Устройство имеет простое и понятное управление. Конструкцию сравнительно легко повторить и использовать в качестве функционального элемента в измерительной аппаратуре различного назначения.

## Литература

1. *Шустов Ю.С.* Основы текстильного материаловедения. – М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2007.– 303 с.
2. Физические величины: справочник под редакцией И.С. Григорьева, Е.З. Мейлихова, – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 1232 с.
3. *Seeger K.* Semiconductor physics. Springer-Verlag/Wien – New York, 1973.
4. [www.masterkit.ru](http://www.masterkit.ru)

### **ВАРИАНТЫ ФИЗИЧЕСКОЙ РЕАЛИЗАЦИИ МОДУЛЯ НЕЙРОСЕТЕВОЙ НАСТРОЙКИ ДЛЯ ДИНАМИЧЕСКОГО РЕГУЛЯТОРА СОСТОЯНИЯ**

*Михайлов А.С.*

**Костромской государственный технологический университет, Россия**

Современные подходы к проектированию систем автоматического управления (САУ) предполагают интеграцию в них микропроцессорной техники, программируемой логики, а также элементов искусственного интеллекта, таких, как, например, искусственные нейронные сети (ИНС). Применение ИНС в структуре САУ является особенно перспективным по целому ряду причин [1], однако на фоне весьма активных исследований по данной тематике, проводимых в последние десятилетия в России и за рубежом, вопрос физической реализации ИНС представляется слабо проработанным, поскольку большая часть публикаций содержит лишь результаты имитационного моделирования, проводимого, как правило, в среде MATLAB с использованием стандартных структур нейроконтроллеров, входящих в пакет прикладных программ Neural Network Toolbox [2].

Вместе с тем, вопросы физической реализации ИНС, а также их сопряжения с оборудованием, реализующим тот или иной алгоритм управления, являются весьма актуальными, и их исследование позволит снять барьеры в более широком применении ИНС в структурах САУ.

Концепция динамического регулятора состояния с модулем нейросетевой настройки подробно описана в работах [3, 4, 5]. Регулятор такого типа целесообразно применять для управления объектами с нестационарными параметрами. В текстильной промышленности в качестве таких объектов можно рассматривать электроприводы некоторых текстильных машин, а также некоторые агрегаты, например, сушильные камеры.

Из анализа существующего опыта физической реализации ИНС, в частности, работ [6, 7, 8, 9], можно сделать вывод о том, что на самом высоком уровне абстракции существует два варианта физической реализации ИНС – программная и аппаратная реализации. Как следует из названия,

программная реализация предполагает написание на языке высокого уровня специального программного обеспечения, эмулирующего ИНС. При этом термин «программная реализация» в данном случае подчеркивает, что для исполнения написанной программы не требуется специальной аппаратной части, т.е. она может быть исполнена на любом стандартном микропроцессоре. В свою очередь аппаратная реализация предполагает использование для эмуляции ИНС специализированных аппаратных средств, позволяющих производить массивно-параллельные вычисления. К таким аппаратным средствам, прежде всего, относятся нейропроцессоры и программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС).

Примеры аппаратной реализации ИНС описаны, например, в работе [7], в которой рассматриваются интеллектуальные алгоритмы контроля и диагностики САУ газотурбинным двигателем. Главным достоинством САУ с аппаратно реализованной ИНС является высокая скорость работы. Данное обстоятельство позволяет рекомендовать вариант аппаратной реализации ИНС в случаях, когда имеют место жесткие требования к быстродействию САУ, в частности, при реализации метода непосредственного нейроуправления [10].

Слабым местом данного подхода является отсутствие в современной научной литературе примеров аппаратной реализации ИНС на серийно выпускающихся и доступных для заказа нейропроцессорах. Так, в большинстве работ по данной тематике в качестве базы для реализации ИНС рассматривается устаревший отечественный нейропроцессор Л1879ВМ1 (NM6403), в настоящее время снятый с поставок. Вместе с тем, нельзя не отметить работу [11], посвященную вопросам реализации отдельных типов ИНС на массивно-параллельной архитектуре современного графического процессора nVidia GeForce 8800 GTX.

Необходимо иметь в виду, что реализация ИНС с использованием нейропроцессоров и ПЛИС требует от разработчика изучения специализированной среды разработки, ориентированной на конкретное семейство нейропроцессоров или ПЛИС, приемов отладки и т.п. Программная реализация ИНС представляется более простой, поскольку может быть выполнена в привычной для разработчика среде с использованием специализированных библиотек, реализующих те или иные нейросетевые алгоритмы. Примером такой библиотеки является свободная библиотека нейросетевых алгоритмов с открытым кодом Fast Artificial Neural Network (FANN) [12]. Библиотека FANN позволяет осуществить программную реализацию многослойных ИНС. Также существуют библиотеки для эмуляции ИНС другой архитектуры, например, библиотека RBF++ для реализации радиальных базисных функций.

Рассматривая вариант программной реализации ИНС, необходимо уделить особое внимание возможности ее интеграции в САУ и вопросам сопряжения с оборудованием, реализующим необходимый алгоритм

управления. В этой связи особенно перспективным представляется применение для этих целей мультипроцессной системы адаптивного управления. Концепция такой системы изложена в работах [13, 14]. Как следует из названия, в данной САУ идентификатор, адаптатор, наблюдатель и регулятор состояния являются отдельными программами-процессами, которые координируются процессом-диспетчером и взаимодействуют друг с другом с помощью определенных средств межпроцессного взаимодействия. Такой подход обладает рядом преимуществ, главными из которых являются относительная простота написания отдельных небольших узкоспециализированных программ-процессов, а также хорошая масштабируемость.

Данный подход рекомендуется к применению при программной реализации ИНС поскольку очевидно, что для интеграции ИНС в САУ с мультипроцессной организацией необходимо лишь должным образом написать процесс-нейроадаптатор, который и будет эмулировать ИНС. При этом следует иметь в виду, что ИНС, которую должен эмулировать процесс-нейроадаптатор, предварительно обучается под конкретный объект управления, а также под конкретный вид переходного процесса в САУ.

Кроме того, вариант мультипроцессной организации САУ с процессом-нейроадаптатором имеет еще одно серьезное преимущество. Оно выражается в том, что комплекс программ-процессов может быть запущен на обычной ПЭВМ, загружен в программируемый логический контроллер, либо исполняться на промышленном компьютере, что позволяет разработчику, исходя из требований к САУ, сделать оптимальный выбор в плане аппаратной части.

Как отмечается в работе [14], рассматриваемая САУ позволяет проводить не только предварительную настройку регулятора перед пуском, но и осуществлять подстройку коэффициентов регулятора в процессе работы при изменении параметров объекта управления. Для этого предлагается использовать процесс-идентификатор многократного действия, работающий в реальном времени. В случае применения нейроадаптатора необходимость в использовании указанного процесса отпадает, однако при обучении ИНС необходимо добавить в обучающую выборку примеры, соответствующие возможным выходным данным объекта, по которым может осуществляться настройка регулятора в процессе работы САУ.

## Выводы

1. Рассмотрены возможные варианты физической реализации модуля нейросетевой настройки динамического регулятора состояния. Вариант аппаратной реализации на базе нейропроцессоров, ПЛИС либо графических процессоров рекомендуется к применению в случаях, когда предъявляются жесткие требования к быстродействию САУ. Вариант программной реализации целесообразно использовать в случае мультипроцессной организации САУ.

2. При программной реализации модуля нейросетевой настройки динамического регулятора состояния необходимо дополнить мультипроцессную систему процессом-нейроадаптатором, предварительно обученным под конкретный объект управления, а также под конкретный вид переходного процесса в САУ.

3. Для осуществления адаптации регулятора состояния к изменению параметров объекта в реальном времени при обучении нейроадаптатора необходимо в обучающую выборку добавить примеры, соответствующие возможным выходным данным объекта, по которым может осуществляться настройка регулятора в процессе работы САУ.

### Литература

1. Михайлов А.С., Староверов Б.А. Проблемы и перспективы использования искусственных нейронных сетей для идентификации и диагностики технических объектов // Вестник ИГЭУ. – 2013. – №3. – С. 64–68.

2. Медведев В.С. Нейронные сети. MATLAB 6 / В.С. Медведев, В.Г. Потемкин. – М.: Диалог-МИФИ, 2002. – 496 с.

3. Михайлов А.С., Староверов Б.А. Синтез динамического регулятора состояния с контуром нейросетевой адаптации // Труды III Всероссийской научной конференции молодых ученых с международным участием «Теория и практика системного анализа». – Т. I. – Рыбинск: РГАТУ имени П. А. Соловьева, 2014. – С. 64–73.

4. Михайлов А.С., Староверов Б.А. Динамический регулятор состояния с нейросетевой настройкой для нестационарного объекта управления // Вестник ИГЭУ. – 2014. – №3. – С. 53–59.

5. Mikhaylov A.S., Staroverov B.A. Theoretical and practical aspects of hybrid state variable neurocontrollers application // Nauka i studia. – 2014. – Issue №16 (126). – P. 51–57.

6. Руднев В.А. Применение микроконтроллеров для реализации нейронных сетей // Вестник ЮУрГУ. – 2012. – №23. – С. 181–183.

7. Макаров А.С. Алгоритмы контроля и диагностики систем управления авиационными ГТД на основе нейросетевых моделей и нечеткой логики: Автореф. дис. ... канд. техн. наук / Уфа: ФГБОУ ВПО «УГАТУ», 2011. – 19 с.

8. Никонов А.Н. Синтез типовых нейрорегуляторов состояния для класса нелинейных динамических объектов с особенностями поведения: Автореф. дис. ... канд. техн. наук / СПбГЭТУ «ЛЭТИ». – СПб.: 2012. – 18 с.

9. Грибачев В. Элементная база аппаратных реализаций нейронных сетей // Компоненты и технологии. – 2006. – №8(61). – С. 100–103.

10. Михайлов А.С. Актуальные проблемы применения нейрорегуляторов в системах автоматического управления // Материалы международной научно-технической конференции, приуроченной к 50-летию МРТИ–

БГУИР. – Минск: БГУИР. – 2014. – Ч. 1. – С. 434–435.

11. *Матвеева Н.О.* Реализация радиально-базисной нейронной сети на массивно-параллельной архитектуре графического процессора // Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО. – 2011. – №1(71). – С. 54–58.

12. FANN. Fast Artificial Neural Network Library. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://leenissen.dk/fann/wp/>

13. *Староверов Б.А., Олоничев В.В., Смирнов М.А.* Самонастраивающаяся система управления с цифровым астатическим регулятором состояния // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2011. – №6. – С. 43–47.

14. *Смирнов М.А.* Разработка мультипроцессной системы адаптивного управления электрическими печами сопротивления: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.06 / ФГБОУ ВПО «КГТУ». – Кострома, 2012. – 130 с.

## **ВАРИАНТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОНТРОЛЛЕРОВ ATMEL ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ДВИГАТЕЛЯМИ**

*Рыжкова Е.А., Ермаков А.А., Никонов М.В.*

**Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия**

Рассмотрим несколько альтернативных способов управления двигателем с помощью микроконтроллера Atmel.

Поскольку двигатели постоянного тока нельзя подключать напрямую к микроконтроллеру Atmel (это обусловлено тем, что микросхема не способна вырабатывать ток более 40 мА), то двигателю в зависимости от нагрузки, необходимо несколько сотен миллиампер. Потому возникает потребность увеличения мощности. Производится это с помощью транзисторов.

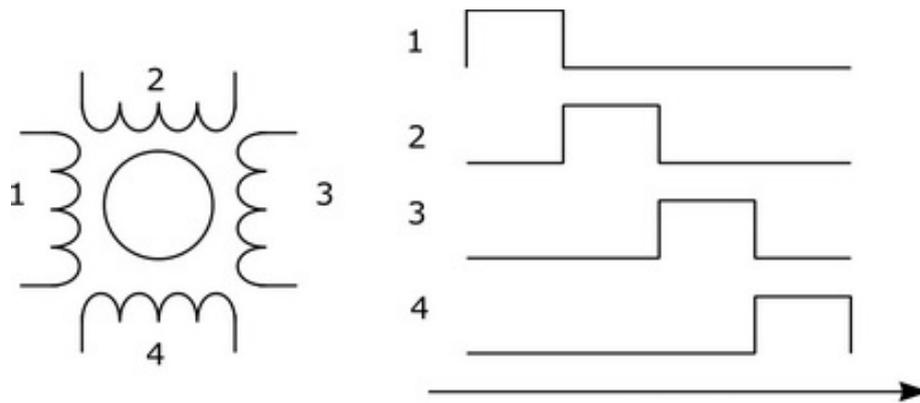
Максимальный ток потребления двигателя (ток при блокировке) не должен превышать максимальный ток стока полевого транзистора. Затвор транзистора должен включаться при напряжении 5 В. Транзистор должен обладать встроенным диодом обратной цепи.

Обмотка двигателя представляет собой фактически катушку индуктивности. В момент подачи напряжения возникнет обратная электродвижущая сила, которая может вывести из строя транзистор, поэтому диод устанавливается в обратном направлении и предотвращает утечку тока с двигателя на транзистор. Поэтому, если в транзисторе нет обратного диода, его необходимо установить дополнительно.

При подключении таких нагрузок напрямую чип может быстро выйти из строя. Кроме того, для работоспособности некоторых компонентов требуется напряжение большее, чем 5 В, а Atmel с выходного контакта больше 5 В не может обеспечить.

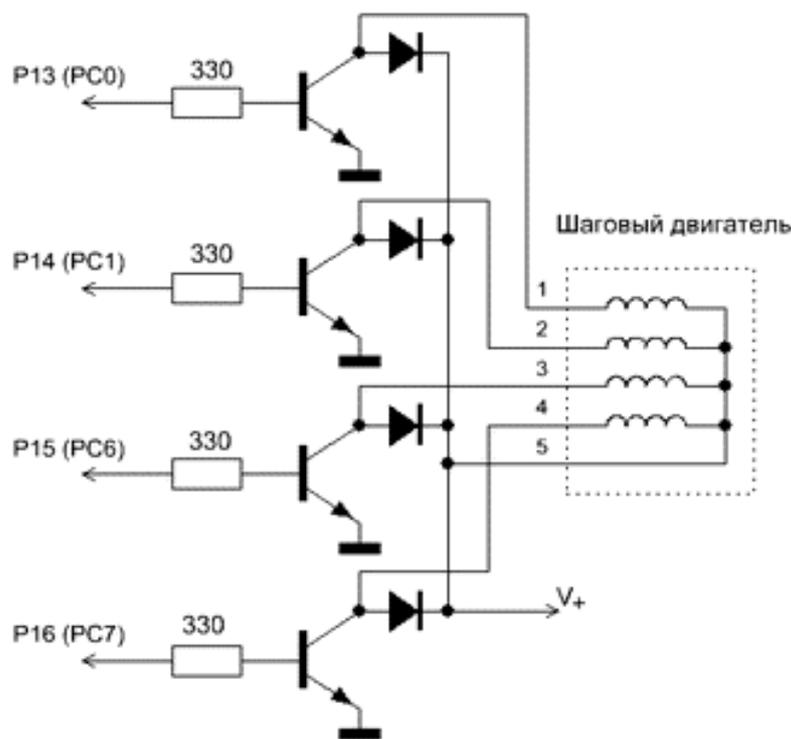
На рис.1 приведена схема включения двигателя постоянного тока к микроконтроллеру. В данной схеме транзистор будет работать в ключевом





**Рис. 2. Схема обмоток и временная диаграмма**

Схема силового блока представлена на рис.3. При открывании одного из транзисторов ток будет протекать через соответствующую обмотку шагового двигателя. Для управления транзисторами используются свободные выходы PC0, PC1, PC6 и PC7 микроконтроллера платы Atmel. Все управление шаговым двигателем сводится к подаче логической единицы последовательно на порты микроконтроллера PC0, PC1, PC6 и PC7. В каждый момент времени единица должна быть только на одном порте. При подаче единицы откроется соответствующий транзистор в силовом модуле, и через одну из обмоток потечет ток. Двигатель сделает шаг. Затем нужно подать единицу на следующий порт, и двигатель сделает следующий шаг.



**Рис. 3. Схема силового блока управлением шаговым двигателем**

Рассмотренные варианты управления различными двигателями и с различными электронными компонентами позволяют оптимально выбрать способ применения приводной техники в текстильном производстве и легкой промышленности.

## **АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА РЕГУЛИРОВАНИЯ ПОДАЧИ ОСНОВЫ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ ТКАНИ ПЕРЕМЕННОЙ ПЛОТНОСТИ ПО УТКУ**

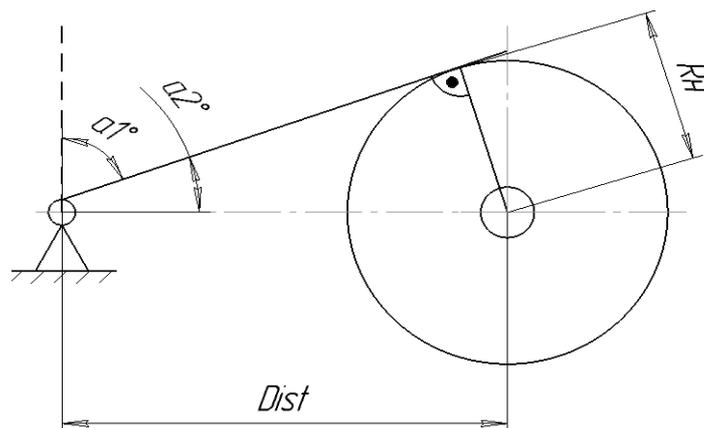
*Соков М.А., Гречухин А.П.*

Костромской государственной технологической университет, Россия

Одной из наиболее нуждающихся в применении автоматизированных систем отраслей является текстильное производство. Актуальной задачей является получение ткани переменной плотности, выраженной сложным законом распределения нитей утка, что позволит расширить ассортимент выпускаемой продукции. Однако при создании подобных систем выяснилось, что для обеспечения необходимой точности расположения нитей недостаточно механических элементов, расположенных на ткацком станке. Закон распределения нитей утка может описываться сложной функцией, которую практически невозможно реализовать усилиями наладчика станка и ткача. Именно поэтому возникла необходимость внедрения автоматизированной системы в этот процесс.

В настоящей работе предложена концепция получения сложного закона распределения нитей утка посредством цифрового управления подачей основы и отводом ткани из зоны тканеформирования за счет согласованного регулирования частоты вращения вала ткацкого навоя и вальяна. Для решения поставленной задачи разработана система, которая включает в себя *сервоприводы* для управления валом ткацкого навоя и вальяном, что позволит реализовать сложные законы их управления. Современные сервоприводы обладают встроенными *датчиками угла поворота*, что позволит беспрепятственно определять угол поворота вала.

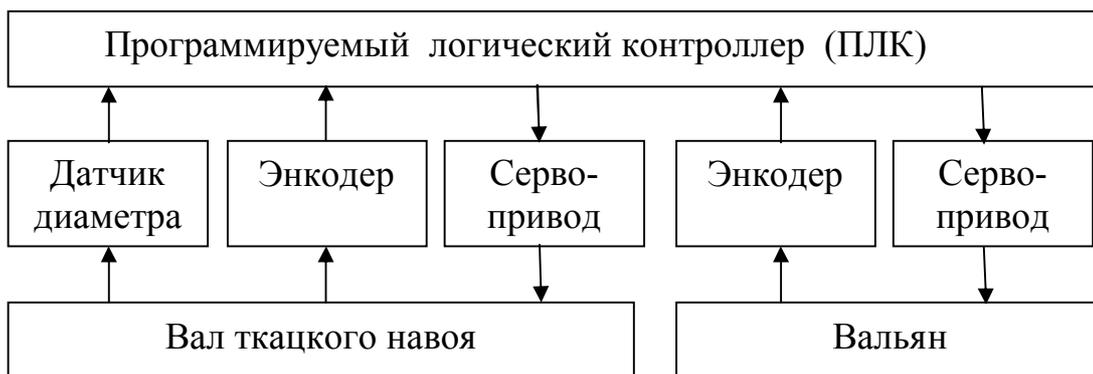
Для согласования работы сервоприводов и отработки сложных законов распределения нитей утка, в систему включены *ПЛК* (программируемый логический контроллер). Для того чтобы средствами ПЛК обеспечить согласованность работы валов, необходимо определить линейные скорости основы и ткани. Также, требуется учесть тот фактор, что в результате выработки ткани на станке происходит сматывание основы, в результате чего радиус намотки основы на ткацком навое уменьшается. Для этого, в предложенной нами системе (см. рис.1), установлен подвижный щуп, прижатый к намотке основы на навое и позволяющий измерять величину радиуса намотки. Щуп, в свою очередь, соединен с *датчиком угла поворота*, который определяет смещение щупа относительно его предыдущего положения.



**Рис. 1. Система измерения радиуса намотки навоя**

Из рис.1 видно, что, зная величину  $Dist$ , можем найти текущий радиус намотки  $R_n$  на ткацком навое из соотношения в прямоугольном треугольнике. Для этого определяем угол  $a_2$ , учитывая, что  $a_2 = 90 - a_1$ , где  $a_1$  – угол, определенный датчиком угла поворота (в работе предлагается использовать инкрементальный энкодер).

Учитывая вышесказанное, нами разработана структурная схема автоматизированной системы регулирования подачи основы при получении ткани переменной плотности по утку, представленная на рис. 2. Согласно схеме, ПЛК опрашивает датчик угла поворота вальяна, а также датчик угла поворота подвижного щупа основы. На основании полученных сведений, определяются линейные скорости. По полученным значениям в соответствии с заложенной программой определяются управляющие сигналы для сервоприводов, которые приводят в движение вал ткацкого навоя и вальян.



**Рис. 2. Структурная схема автоматизированной системы**

Для реализации данной схемы в работе разработана принципиальная схема проектируемой системы, выбраны компоненты, выполнена оценка требований по точности регулирования. Конечным этапом разработки являлась разработка программного обеспечения для ПЛК, позволяющая производить процессы регулирования.

Достоинством данной системы является высокое быстродействие и точность позиционирования, достигаемые благодаря использованию микропроцессорной техники.

## **КОМПЬЮТЕРНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКТОРИЗАЦИИ ФУНКЦИИ ЭЙЛЕРА БОЛЬШИХ ПРОСТЫХ ЧИСЕЛ**

*Стрельников Б.А., Кузьмич И.В., Степанова О.П., Плющева Т.И.*  
Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

В работе рассматривалась разработка методики компьютерного экспериментального исследования и программного обеспечения для повышения эффективности процедур защиты информации в корпоративных компьютерных сетях предприятий и организаций, использующих методы с открытым ключом. Чтобы можно было сравнивать времена выполнения процедур и операций защиты при реализации их различными методами и при изменении различных параметров алгоритма, компьютерное исследование проводилось на одном компьютере. Использовались: компьютер Intel® Core™ 2 Quad CPU Q8200 2,33ггц, 3,25ГБ ОЗУ, операционная система FreeBSD 8.2, язык Perl 5.10, имеющий стандартный модуль работы с большими целыми числами Math::BigInt [1].

Типовые функции компьютерного исследования больших простых чисел объединены в разработанный авторами Perl-модуль, в котором операции могут хронометрироваться и накапливать в журнальных файлах статистику и результаты исследования. Для целей новых компьютерных исследований модуль может дополняться новыми функциями. Текущая версия модуля содержит 9 функций. Компьютерное исследование реализуется внешней процедурой, подключающей этот модуль. Такая структура обеспечивает удобную реализацию проведения новых исследований.

Поиск больших простых чисел является наиболее длительной операцией в криптоалгоритмах защиты передачи данных в корпоративных сетях. В них используется метод распределения сеансовых ключей симметричного шифрования Диффи-Хеллмана и его аналоги. Для защиты документооборота используется электронная цифровая подпись по методу ЭльГамала и Шнорра (стандарт DSS). В методе Диффи-Хеллмана генерируется глобальный открытый ключ, состоящий из простого модуля в диапазоне длины от 128 бит и его первообразного корня, для нахождения которого требуется разложение на простые множители (факторизация) функции Эйлера простого модуля. В стандарте DSS глобальный ключ содержит два простых модуля: первый в диапазоне длины от 512 бит и его функция Эйлера должна иметь известный простой делитель длиной 160 бит, который используется в качестве второго модуля. В первом алгоритме требуется полная факторизация функции Эйлера, а в DSS - частичная.

Для любого простого числа значение его функции Эйлера на 1 меньше его самого и оно всегда четное, т.е. имеет делитель 2. Далее нужно выбрать один из двух способов поиска простого числа заданного диапазона длины. Можно добавлять к делителю 2 случайные простые делители, контролируя длину получаемого произведения. Когда при добавлении очередного делителя эта длина станет равна или превысит заданную нижнюю границу требуемого диапазона, необходимо прибавить 1 к четному произведению и проверить не является ли полученное нечетное число простым с помощью теста Миллера-Рабина [2]. Состав делителей варьируется пока тест не покажет, что получено простое число, текущий состав делителей содержит полную факторизацию его функции Эйлера. Недостаток данной стратегии поиска в том, что практически невозможно обеспечить точно заданную длину полученного простого числа. Время расчета существенно зависит от стратегии варьирования состава делителей.

Альтернативным способом является последовательный поиск простых чисел на множестве нечетных чисел от случайного значения заданной длины с частичной факторизацией функции Эйлера каждого найденного числа по базе данных малых простых чисел и случайных больших простых делителей заданной длины. В этом случае можно обеспечить точно заданную длину большого простого числа, функция Эйлера которого имеет большой простой делитель точно заданной длины, что удовлетворяет приведенным выше требованиям стандарта DSS.

В работе исследовались объемы вычислений для нахождения простых чисел длиной 129 бит с частичной и полной факторизацией значений их функции Эйлера. Эксперимент объемом 266120 чисел занял 100 часов, среднее время расчета одной записи (включая факторизацию) 1.327 сек., средняя дистанция между соседними числами 44.551. Числа размещены в 17 файлах, имена файлов включали имя алгоритма расчета "fct5", текущую дату (в формате ГГГГММДД), индекс длины искомых простых чисел (индекс 128 для длины 129 бит).

При каждом запуске программы поиска простых чисел генерировалось случайное число длиной 129 бит и от него устанавливалось решето для отсева чисел, имеющих малые простые делители объемом 64 простых числа (3,5,...,313). Выбор размера решета зависит от длины обрабатываемых чисел и исследовался в работе авторов [3]. Число, прошедшее решето, проходило тест Миллера-Рабина на простоту. После нахождения простого числа его функция Эйлера подвергалась факторизации по массиву 10000 простых чисел (2, 3, ..., 104729) и находился остаточный делитель. Каждое значение функции Эйлера простого числа с ее факторизацией, временем и дистанцией от предшествующего числа выводилось как очередная запись в файл текущего дня и снабжалось идентификатором. Идентификатор составлялся из имени файла и порядкового номера записи. При повторном запуске программы в тот же день и с тем же значением индекса длины но-

вые записи дописывались в конец того же файла, их порядковые номера начинались опять с 1, но им предшествовала другая литера, задаваемая при запуске программы.

При каждом запуске программы задается количество простых чисел, которые нужно найти, и только после этого перед завершением программы файлы результатов выводятся. Для иллюстрации (рис.1) было задано найти всего 8 чисел, каждая из полученных записей состоит из 6 следующих полей, разделенных символом “|”:

- число различных простых делителей (без учета их кратности);
- список делителей из массива 10000 чисел, а через “.” их кратность;
- остаточный делитель и перед ним через дефис – значение его длины;
- время вычисления записи и через дефис дистанция от предыдущей;
- значение функции Эйлера простого числа с префиксом fe;
- идентификатор простого числа.

```
4d| 2:1 5:1 23:1 233:1|113b-7155138830629024300800200847735577|0.823746s-41o|
fe383443889933409412279882763430149571430 | fct5_20150524_128_a1_*
1d| 2:1 | 128b-191721944966704706139941381715074785733 | 1.011666s-18o|
fe383443889933409412279882763430149571466 | fct5_20150524_128_a2
4d|2:2 3:1 5:1 23:1 |118b-277857891256093777014407799587064907|2.161892s-97o|
fe383443889933409412279882763430149571660| fct5_20150524_128_a3
2d| 2:1 107:1 | 121b-1791793878193501926541508240327801737| 1.139875s-29o|
fe383443889933409412279882763430149571718| fct5_20150524_128_a4
4d| 2:1 3:1 31:1 577:1 |112b-3572835857824205775888287242412083|0.832491s-4o|
fe383443889933409412279882763430149571726| fct5_20150524_128_a5
1d| 2:3 | 126b-47930486241676176534985345428768696497| 2.280084s-125o|
fe383443889933409412279882763430149571976| fct5_20150524_128_a6
3d| 2:2 7:1 71:1 | 118b-192879220288435318048230766312952501| 0.959456s-6o|
fe383443889933409412279882763430149571988| fct5_20150524_128_a7
3d| 2:1 3:3 5:1 | 121b-1420162555308923749184750975667220637| 0.822959s-1o|
fe383443889933409412279882763430149571990| fct5_20150524_128_a8_*
```

**Рис. 1. Файл факторизации функции Эйлера для 8 простых чисел**

Время вычисления записи включает время поиска простого числа и время факторизации его функции Эйлера. Дистанция – это число нечетных чисел между соседними простыми числами, отсчитываемая с 1.

Следующая процедура обрабатывала заданное при запуске множество файлов факторизации с приведенной выше структурой (рис.1), подсчитывая и выводя различную статистику (среднюю, максимальную и минимальную встречаемость каждого из 10000 малых простых делителей, длины остаточного делителя, время расчета, дистанцию между числами и т.д.). Эта процедура также применяла тест Миллера-Рабина к остаточному делителю каждой записи. Если остаточный делитель оказывался простым числом, это означает, что для данного простого числа имеется полная факторизация, представленная в этой записи, эти записи выводились в отдельный файл. Из 266120 простых чисел эксперимента 72269 (27%) чисел имели простой остаточный делитель функции Эйлера, т.е. более чем каждое 4-е простое число получило полную факторизацию своей функции Эй-

лера, что было неожиданно, вопреки распространенному убеждению, что факторизация больших чисел требует очень большого времени (поиск и обработка 4-х простых чисел в эксперименте проводилась примерно за 5 сек). В двух записях из 8 в файле (рис.1) остаточные делители оказались простыми длиной 113 бит в первой записи и длиной 121 бит в последней записи (к их идентификаторам на рис 1. добавлен символ “\*”). Соответствующие простые числа имеют полную факторизацию: из 5 делителей в первой записи и из 6 делителей в последней (в этой записи делитель 3 имеет кратность 3, поэтому всего делителей 6).

На рис.2 представлена статистика по числу простых делителей функции Эйлера (с учетом их кратности) для полученных в данной работе 72269 простых чисел с полной факторизацией функции Эйлера.

2 =>	1879	2.600%
3 =>	6424	8.889%
4 =>	11402	15.777%
5 =>	13261	18.349%
6 =>	12506	17.305%
7 =>	9902	13.702%
8 =>	6887	9.530%
9 =>	4272	5.911%
10 =>	2564	3.548%
11 =>	1473	2.038%
12 =>	790	1.093%
13-25 =>	909	1.258%
-----		
	72269	

**Рис. 2. Число делителей функции Эйлера простых чисел**

Левая колонка – число делителей, далее через разделитель “=>” число записей в которых факторизация функции Эйлера состоит из этого числа простых делителей и какой процент это составляет от всего объема рассчитанных записей. Последние 12 строк слиты в одну на рисунке поскольку большее число делителей очень маловероятно: ни одной записи для 24 делителей, а 21, 22, 23 и 25 делителей имеют только по одной записи (0.001%) . Важным результатом является то, что поиск по алгоритму fct5 большого простого модуля с полной факторизацией его функции Эйлера при малом числе делителей выполняется достаточно быстро. Это позволяет рекомендовать этот алгоритм как наиболее удобный для получения конечного множества чисел для дискретного логарифмирования, используемого во многих криптографических методах, а не только для генерации глобального ключа задачи распределения сеансовых ключей шифрования.

#### Литература

1. Уолл Л., Кристиансен Т., Орвант Д. Программирование на Perl. – Пер.с англ. – СПб:Символ-Плюс, 2002. – 1152 с.

2. *Столлинг Вильям*. Криптография и защита сетей: принципы и практика, 2-е изд.– М: Издательский дом «Вильямс», 2001. – 672 с.

3. *Жаринов К.А., Монахов В.И., Стрельников Б.А., Жаринова К.А.* Исследование на языке Perl времени поиска чисел специального вида для дискретного логарифмирования: Труды международной конференции «Радиоэлектронные устройства и системы для инфокоммуникационных технологий РЕС-2013», С.199-202.

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДИСКРЕТНОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ НАСТРОЙКИ РЕГУЛЯТОРА СМИТА**

*Кузнецов С.С.*

**Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия**

Как правило, синтез систем управления начинается с определения модели объекта. На практике информацию об объекте получают в виде доступных непосредственному измерению входов и выходов. Фактически всегда в объектах наблюдается временная задержка реакции на воздействие, характерная для теплоэнергетических, химических, металлургических, и других процессов. Известно, что запаздывание отрицательно сказывается на устойчивости, точности и качестве замкнутой системы. Для решения этой проблемы существует множество способов. Наиболее распространенным способом является использование метода компенсации запаздывания с использованием регулятора Смита. Эти регуляторы имели существенный недостаток в части практической реализации элемента запаздывания на аналоговой технике. Появление цифровой техники позволило решить указанную проблему. Однако, для адекватного представления об объекте управления, необходимо достаточно точно знать математическую модель его инерционной части, которая не содержит запаздывания, а также необходимо точно знать величину запаздывания.

Наибольшее распространение получили методы параметрической идентификации, основанные на том, что принятая модель должна хорошо аппроксимировать экспериментальные данные. Точность восстановленной величины запаздывания определяется соответствием математической модели объекту, а именно ее инерционной части, которая не содержит запаздывания. При наличии структурных отклонений модели время запаздывания значительно отличается от действительного. Использование таких моделей для регуляторов типа Смита не приводит к желаемым результатам.

Об эквивалентности математических моделей можно судить при совпадении динамических свойств объекта и модели. Поэтому при параметрической идентификации объекта управления в среде Matlab степень совпадения динамических свойств объекта и модели выбиралась наиболее максимальной и составила 98%.

Благодаря непрерывности фиксации параметров при проведении активного эксперимента по определению динамических характеристик объекта управления с интервалом записи 0,5 секунд определено время запаздывания объекта управления с высокой степенью точности и составило 12 секунд.

В результате была получена передаточная функция объекта управления в непрерывной форме в виде:

$$W(p) = \frac{0.005445}{p^2 + 0.1277p + 0.005469} * e^{-12p}.$$

Проведенные многочисленные модельные исследования подтвердили достоверность восстановленной непрерывной передаточной функции инерционной части объекта. Также исследования показали, что эквивалентность между непрерывными объектами и дискретными моделями осуществляется при выборе шага дискретизации из множества значений периодов дискретизации. Вариация шага дискретизации позволяет извлечь дополнительную информацию об объекте, с помощью которой устанавливается факт эквивалентности полученной модели. Важно учитывать, что для объектов с запаздыванием существует своя специфика, связанная с тем, что время запаздывания восстанавливается только в случае, когда оно кратно шагу дискретизации. Поэтому решено использовать структуру регулятора Смита, представленную на рис. 1.

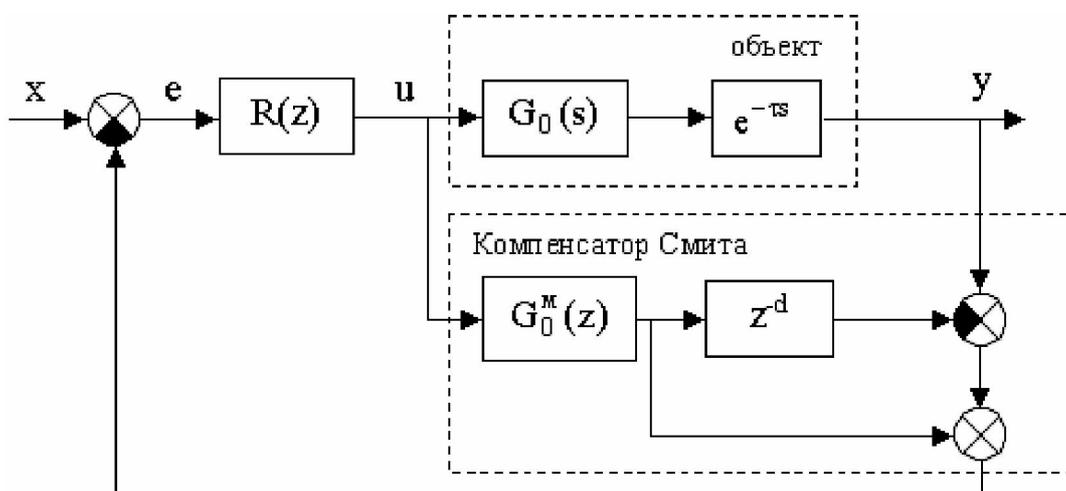
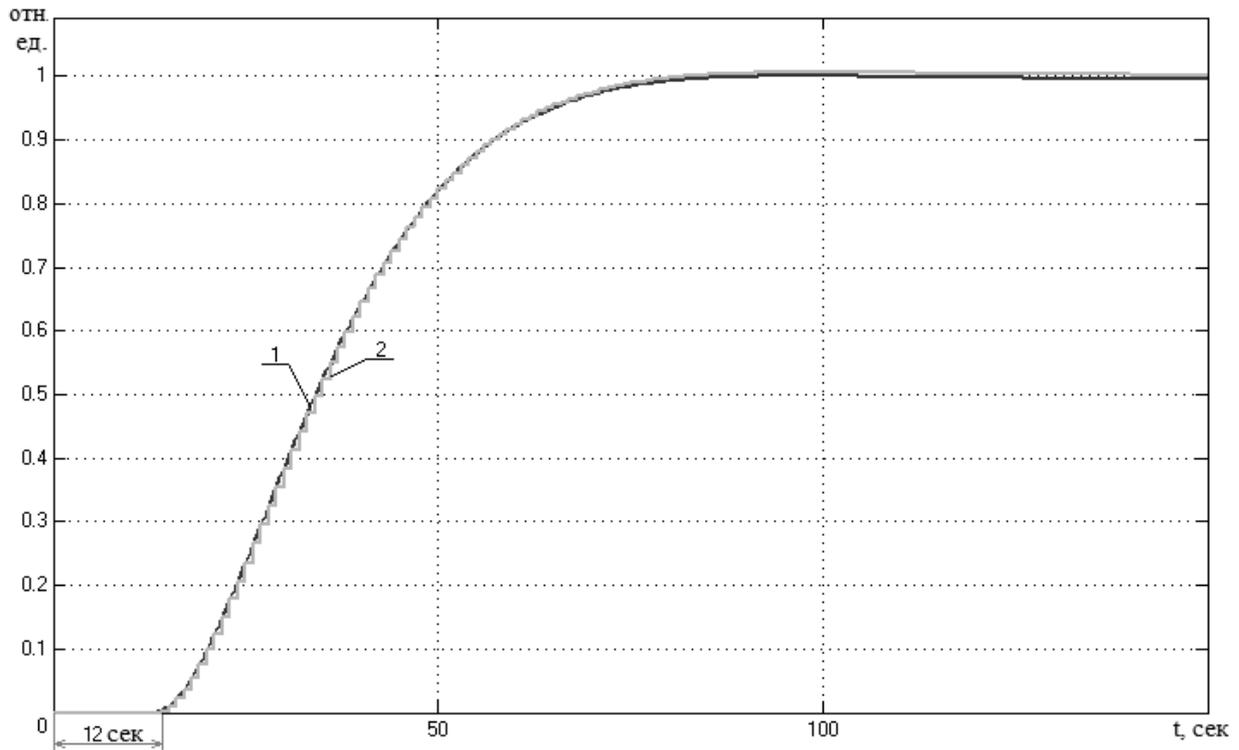


Рис. 1. Регулятор Смита в цифровой системе

На основе данных заключений, используемый поисковый метод для определения шага дискретизации в среде Matlab, с достаточной степенью точности позволил восстановить дискретную передаточную функцию, эквивалентную объекту управления в виде:

$$W(z) = \frac{0.002609z + 0.0025}{z^2 - 1.875z + 0.8801} * z^{-12}, \text{ шаг дискретизации 1 сек.}$$

Для наглядного представления об эквивалентности передаточных функций объекта управления была разработана модель в пакете Matlab среде Simulink, у которой в качестве входного сигнала использовалось единичное ступенчатое воздействие, а характер изменения выходного параметра фиксировался осциллографом. Результаты моделирования представлены в виде графиков переходного процесса (рис.2).



**Рис. 2. Переходные характеристики объекта управления с запаздыванием (1 – непрерывной части; 2 – дискретной части)**

Из полученных зависимостей видно, что время запаздывания и характер изменения кривых имеет высокую степень совпадения. Данный факт позволяет судить об эквивалентности дискретной модели и объекта управления.

Дальнейшие результаты моделирования показали, что полученная цифровая модель объекта позволяет провести настройку цифрового регулятора с компенсатором Смита и может быть использована при автоматизации технологических процессов, обладающих значительным запаздыванием.

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ВЫСТАВОЧНОМ ДИЗАЙНЕ: НОВЫЙ ПРОЕКТ FUSION EMOTION

*Макарова Т.Л.<sup>1</sup>, Макаров С.Л.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

<sup>2</sup>Московский институт электроники и математики НИУ ВШЭ, Россия

Новейшие информационные технологии используются на выставках "Дизайн и реклама", "АрхМосква" и других интересных мероприятиях на площадке Центрального Дома художника в Москве.

Самым неординарным явился новый проект FUSION EMOTION, который «представляет новый уникальный арт-проект: *ambience* – погружение в среду света, звука и ароматов» [1, 2]. «Арсений Студия» совместно с компанией Aromaso разработала новую концепцию создания субпространства, в котором зритель способен изменять среду: свет, звуки, погружаясь в атмосферу струящихся ароматов. И всё это с помощью собственного смартфона!» [2]. «Современные технологии позволяют нам расширять пределы своих возможностей. Теперь зритель может почувствовать себя в роли художника» (рис. 1).



**Рис. 1. Доступная ребёнку панель управления цветным пространством (от пурпурного до жёлто-зелёного) в проекте Fusion Emotion (фото авторов)**

Обратимся к сайту о проекте: «Fusion Emotion – уникальный ЖИВОЙ экспонат, объединивший два главных инструмента искусства: звук и цвет. Живой - потому что зрители становятся участниками создания неповторимого светомузыкального творения, открывая в себе новые грани чувствования одновременно и световых, и музыкальных образов. Игра света и звука в руках зрителя. Это новые возможности, в первую очередь, для тех, кто хочет познавать тайны искусства, свои собственные возможности, кто стремится создать свой собственный стиль и творческую среду. И ещё для тех, кого посещают цветные детские сны... Этот проект призван разорвать барьер между зрителем и искусством». Проект был создан в 2011 го-

ду, на новой выставке в 2013 году был представлен именно новый проект в рамках данной концепции.

Инновация имеет глубокие корни: если обратиться к истории российского музыкального и изобразительного искусства, можно установить степень новаторства данного проекта.

Синтез звука, цвета и света был характерен для экспериментов в искусстве России начала XX века. Уникальным новатором был Александр Николаевич Скрябин (1872 – 1915) – выдающийся русский композитор и пианист. Его творчество «принято рассматривать как стоящее совершенно особняком... Остро стоявшую перед композиторами того времени проблему «недостаточности», «узости» тональности Скрябин решает по-своему, усложняя до предела гармонию. Одновременно желаемой выразительности он добился, введя в музыку цвет, то есть впервые в истории использовал светомузыку» [3-4]. Музыка Скрябина очень самобытна. В ней отчётливо чувствуется нервность, импульсивность, тревожные поиски, не чуждые мистицизма. С точки зрения композиторской техники «музыка Скрябина близка творчеству композиторов Новой венской школы», однако решена «в ином ракурсе – через усложнение гармонических средств в пределах тональности». В то же время «форма в его музыке практически всегда ясна и завершена. Композитора привлекали образы, связанные с огнём: в названиях его сочинений нередко упоминается огонь, пламя, свет и т.п. Это связано с его поисками возможностей объединения звука и света» [3-4]. Соответствие цветов и тональностей по Скрябину: 7 «белых клавиш» рисунка: красная «до», жёлтая «ре», светло-зелёная «ми», карминовая «фа», оранжевая «соль», светлая жёлто-зелёная «ля», нежно-изумрудная «си»; 5 «чёрных клавиш» рисунка: ультрамариновый «до-диез», розово-фиолетовый «ре-диез», небесно-голубой «фа-диез», светлый холодно-розовый «соль-диез», красно-фиолетовый «ля-диез».

Определённым ответом на эксперименты А. Скрябина, по мнению А. Смирнова, можно считать «проекционизм» 1920-х гг. «Проекционизм – это теория, которая предполагает, что художник создает не законченное произведение, а проекцию метода, т.е. творческую идею»: зритель не созерцает художественный объект, а получает «творческий импульс». Именно в этом смысле первое исполнение Скрябина – это своеобразный проекционизм, заразивший своей идеей многих. К примеру, Мурзин уже в 1950-е гг. создал первый в мире музыкальный инструмент под названием "синтезатор" – АНС (это аббревиатура – А.Н. Скрябин), вдохновленный именно идеей А. Скрябина [5].

Из такого рода экспериментов, «на границе музыки и психоакустики, родилась синестезия – слышать через зрение, видеть через слух, сочетать зрение и слух, музыку и изображение». Это психофизическое явление мало исследовано. А. Скрябин и психолог Н. Турбин обладали свойством синестезии. Н. Турбин в 1909 – 1915 гг. прочел «лекции о свободе искусства,

музыки и выходе за пределы 12 тонов октавы (А. Скрябин за эти пределы не выходил). Другой синестет, К. Сараджев, по некоторым данным, различал 1700 ступеней в октаве (!). ...Известный композитор Н.А. Римский-Корсаков ...был синестетом» [5].

Другим откликом «на свето-звуковые опыты Скрябина можно считать развернувшиеся в 1920-х гг. дискуссии о микротоновой музыке и темперации». Самым талантливым экспериментатором в этой области стал композитор А. Авраамов: он выделял не 12, а 48 ступеней октавы. Поскольку инструмента, который бы мог воспроизводить эти 48 тонов в октаве, тогда не существовало, он решил искусственно синтезировать такой микротоновый звук. Авраамов предложил соединить темперацию и ряд натуральных чисел (это и есть синтез звука), чем на многие десятилетия предвосхитил звуковые опыты 1980-х гг. [5].

В то же время другие экспериментаторы делали акцент на развитии гармонии. Из их опытов возникла динамическая абстрактная живопись и пластика визуальной формы как попытки создать динамические фактуры, которые могут сопровождать музыку и звук. В этих опытах мы видим не прямое соединение ноты и гармонии, как у Скрябина, а сложную структуру звука и не менее сложную технологию его создания [5].

Аналогичные произведения были недавно представлены на выставке «Британский дизайн: от Уильяма Морриса к цифровой революции» в ГМИИ им. А.С. Пушкина: мотивы обоев У. Морриса создавались на экране под музыку, цветы и листья словно вырастали на полотне-экране перед зрителем. Цифровые «полотна», где пейзажи создавались на экране из летящих мазков под классическую музыку, представили английские молодые художники [6].

Если проанализировать факты ещё более ранней истории мировой науки, культуры и искусства, то необходимо отметить знания о гармонии мира Пифагора – автора «магической» музыки, способной как доставлять эстетическое наслаждение, так и обращать в бегство врагов.

Таким образом, сама идея сочетания цвета, света и звука, реализованная с помощью информационных технологий в проекте FUSION EMOTION, насчитывает, как минимум, уже более 100 лет, а идея воздействия на людей через определённые сочетания звуков – несколько тысяч лет. Следовательно, новое в данном проекте – не идея, а ее воплощение с помощью информационных технологий и возможность производить управляемое комплексное воздействие на человека через цвет, звук и свет выставочного пространства.

Оригинальные интерактивные проекты на основе использования информационных технологий необходимы на современных рекламных выставках [7], так как дают широкие возможности создания ярких впечатлений у целевой аудитории и существенно повышают запоминаемость рекламируемых продукта или услуги потребителем любого возраста.

## Литература

1. Макарова Т.Л., Макаров С.Л. Выставка «Дизайн и реклама – 2013»: новые направления, технологии и символы. – Event-маркетинг. – 2013. – №3 (07). – С. 186 – 195.
2. Проект Fusion\_Emotion – <http://www.fusion-emotion.ru/index/>
3. Композитор Скрябин (1872 – 1915): "Вперед, стремительно и вечно!" - <http://www.liveinternet.ru/community/4989775/post255348569/>
4. <http://www.scriabin.ru/0104.html> – Валентин Предлогов (Москва). Перекрёстная нотация как элемент символики и цвето-звуковой эстетики позднего Скрябина. СИНЕСТЕЗИЯ И КОНТРАПУНКТИРОВАНИЕ ЦВЕТА И ТОНАЛЬНОСТИ
5. <http://friggerock.livejournal.com/1480.html> – От «Поэмы огня» А. Скрябина до искусственной синестезии Apr. 1st, 2011 at 2:16 AM. Лекция А. Смирнова 30.03.2011, ГЦСИ.
6. Британский дизайн: от Уильяма Морриса к цифровой революции – [http://www.arts-museum.ru/events/archive/2014/british\\_design/index.php](http://www.arts-museum.ru/events/archive/2014/british_design/index.php)
7. Макарова Т.Л., Макаров С.Л. Выставки дизайна и рекламы в 2014 г.: новые информационные технологии и креативные решения в дизайне, рекламе и сервисе // Реклама. Теория и практика. – 2014. – №5. – С. 302–319.

## АВТОРСКИЙ УКАЗТЕЛЬ

### -А-

Абуталипова Л.Н., 225  
Авербух Б.Б., 11  
Агафонов К.А., 65  
Агеев А.А., 16  
Азаревич А.Я., 98  
Акопова Е.И., 36, 78  
Аксенова И.А., 4, 34  
Андреева Е.Г., 41  
Антимонова И.Н., 48  
Апалькова М.С., 182  
Апарушкина М.А., 218  
Арчинова Е.В., 68

### -Б-

Баева Н.Н., 122  
Байчоров Т.М., 105  
Беднякова А.А., 171  
Беликов-Филиппов В.Р., 150  
Белкин С.А., 127  
Белкина С.Б., 127  
Белов А.А., 161, 174  
Беляев О.Ф., 8, 62  
Беспалов М.Е., 252  
Бизюк А.Н., 45  
Бобылев С.С., 165  
Бобылев С.С., 152  
Бобылева О.В., 91  
Бокова Е.С., 142  
Бондаренко Е.В., 95, 134  
Борзунов Г.И., 262  
Бруслик А.С., 236  
Буланов Я.И., 131  
Булгарь А.Г., 87  
Булеков А.П., 171  
Бунькова Т.О., 68  
Быстрова Н.Ю., 71  
Бычкова И.Н., 185, 192

### -В-

Валуев В.С., 137  
Вахонина С.А., 20  
Вахромеева Е.Н., 234  
Вершинина А.В., 4, 34  
Ветрова О.А., 256  
Викторов Е.К., 250, 253  
Виниченко С.Н., 260  
Винокурова Т.И., 26  
Винтер Ю.М., 229, 266  
Владимирцева Е.Л., 147  
Власова Е.Н., 72  
Волков В.А., 16

### -Г-

Гайнутдинов Р.Ф., 206  
Ганявин В.А., 269  
Гарская Н.П., 75  
Глазунов В.А., 296  
Глуценко А.А., 22  
Годунов М.В., 274  
Гойс Т.О., 56  
Голованова А.Н., 142  
Горбачева М.В., 41  
Гореславец Е.Ю., 216  
Городник Е.Н., 155  
Гречухин А.П., 311  
Гречухина М.Н., 266  
Гриднева Т.М., 125  
Гришанова С.С., 98  
Груздева Е.М., 34

### -Д-

Давыдов А.Ф., 29, 89  
Дасюк П.Е., 283  
Демократова Е.Б., 65, 107  
Денисенко Т.А., 22  
Дмитриенко Т.А., 158  
Дмитриченко М.В., 145  
Дорняк О.Р., 182  
Доронина Н.В., 292

Дорошенко И.А., 31  
Досадина Э.Э., 161, 174  
Дягилев А.С., 7, 45

-Е-

Евсюкова Н.В., 142  
Егина Н.С., 78  
Егоров С.А., 250, 253  
Егорова Н.Е., 272  
Ермаков А.А., 308

-Ж-

Жагрина И.Н., 85, 301  
Жданова И.С., 167

-З-

Забродин Д.А., 283  
Заваруев В.А., 8, 62  
Замышляева В.В., 59  
Захаркина С.В., 242  
Зензинова Ю.Б., 283  
Зинченко Ю.В., 277

-И-

Иванов А.В., 253  
Иванов С.М., 272  
Иванова Н.Н., 279  
Изатуллоев Р.С., 285  
Исаченко В.В., 7  
Ишина К.В., 107

-К-

Кавецкая Н.Б., 262  
Казарова А.Д., 260  
Калабухова А.В., 177  
Капаева И.Д., 177  
Капустин С.Ю., 232  
Карабанов П.С., 48, 158  
Караваева Е.Б., 180, 185  
Касаткина М.А., 187  
Катаманов А.А., 250, 253  
Кветковский Д.И., 236  
Кильдеева Н.Р., 150, 187

Кирсанова Е.А., 4, 34  
Клинкова Е.А., 190  
Кобраков К.И., 141, 192  
Ковальчукова О.В., 165, 180  
Ковчур С.Г., 75  
Коган А.Г., 7, 45  
Козина А.А., 89  
Колоколкина Н.В., 216  
Коробов Н.А., 232  
Костикова О.А., 190  
Костомаров С.А., 137  
Кочанова Н.М., 290  
Кошелева М.К., 171, 182  
Кудринский С.В., 29  
Кудрявин Л.А., 8, 62  
Кузнецов Д.Н., 152, 165  
Кузнецов С.С., 287, 317  
Кузнецова А.В., 292  
Кузнецова Д.С., 142  
Кузьмина Т.М., 256  
Кузьмич В.М., 299  
Кузьмич И.В., 299, 313  
Кульметьева М.А., 174  
Курденкова А.В., 120, 131  
Куськина В.А., 216

-Л-

Лобацкая Е.М., 31  
Лобацкая О.В., 75  
Люкшинова И.В., 118  
Ляхова Е.В., 152

-М-

Макаров А.А., 269  
Макаров С.Л., 320  
Макарова Т.Л., 320  
Маринкина М.А., 81  
Матрохин А.Ю., 56  
Медушева Е.О., 161  
Мелешенкова В.В., 152  
Минаева Н.В., 229, 252  
Миронов В.П., 244  
Михайлов А.С., 304

Михайлова Н.Э., 71  
Монахов В.В., 246  
Монахов В.И., 229, 266  
Мотавкин А.В., 95, 134  
Муртазина А.Р., 244  
Мухамедьярова А.К., 210

-Н-

Насрин Намичемази, 165  
Нгуен Ван, 180  
Невских В.В., 236  
Никонов М.В., 308  
Новиков М.В., 41

-О-

Оганезов К.В., 244  
Ордов К.В., 234  
Османов З.Н., 100

-П-

Павлычев С.Ю., 250  
Панкевич Д.К., 31  
Пашин Е.Л., 39  
Пашина Л.В., 39  
Петросова И.А., 41  
Пищинская О.В., 240  
Плеханова С.В., 14  
Плющева Т.И., 313  
Полехин Д.М., 16  
Поляков Я.Б., 185  
Потушинская Е.В., 48, 87  
Пророкова Н.П., 227

-Р-

Раевский А.М., 274  
Разин И.Б., 244  
Редина Л.В., 216  
Рогова А.Н., 120  
Родионов В.И., 192  
Родэ С.В., 85, 301  
Романова Ю.В., 161  
Рудовский П.Н., 193  
Румянцев Ю.Д., 242

Русул Алабада, 180  
Ручкина А.Г., 141, 185  
Рыжкова Е.А., 287, 308

-С-

Самойлова Т.А., 234, 246  
Санжиева Г.В., 4, 34  
Сапожников С.В., 177  
Саркисов В.Ш., 110  
Сафонов В.В., 145, 177, 190  
Сафонова Н.С., 4  
Сафонова О.Н., 279  
Свиридов И.А., 272  
Севостьянов П.А., 234, 246  
Середина М.А., 210  
Скобова Н.В., 196  
Скородумов В.Ф., 95, 134  
Смирнова Н.А., 59  
Смирнова С.В., 198  
Смирнова С.Г., 193  
Собашко Ю.А., 193, 200  
Соков М.А., 311  
Станкевич Г.С., 141, 192  
Степанова О.П., 299, 313  
Стрельников Б.А., 299, 313  
Стрепетова О.А., 91  
Сулимцев И.И., 129  
Сухарев В.В., 229  
Сухинина Т.В., 41, 91  
Сыркин П.М., 161

-Т-

Тер-Микаэлян П.Ю., 110  
Тимко А.Ю., 114  
Тимохин А.Н., 277  
Тиранов В.Г., 110  
Третьякова А.Е., 145, 190

-У-

Ульянова Н.В., 98

-Ф-

Федорова Т.А., 213

Федулова Т.Н., 120  
Фирсов Д.А., 262

-Х-

Хазанов Г.И., 218  
Хамматова В.В., 213  
Харитонов А.К., 256  
Харькова О.И., 14  
Хейло С.В., 296  
Хисамиева Л.Г., 225  
Холоденко Б.В., 167

-Ц-

Царева Д.Е., 53  
Циркина О.Г., 203

-Ч-

Чаленко Е.А., 4, 34  
Черноусова Н.В., 221  
Черных Е.В., 78  
Чернышев М.В., 104  
Чернышева Г.М., 104  
Чернышева Л.В., 285  
Чонгарская Л.М., 279  
Чурсин В.И., 155, 167

-Ш-

Шаблыгин М.В., 110  
Шампаров Е.Ю., 85, 301  
Шарипов Ф.Э., 192  
Шарнина Л.В., 147  
Шарпар Н.М., 100  
Шибашова С.Ю., 209  
Шленникова О.А., 122  
Шманев А.Н., 131  
Шпагина О.С., 75  
Шустов Ю.С., 34, 53, 137

-Я-

Яншина А.С., 20  
Ясинская Н.Н., 196

**МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ**

**«ДИЗАЙН, ТЕХНОЛОГИИ И ИННОВАЦИИ  
В ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ»**

**(ИННОВАЦИИ –2015)**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ**

**Часть 2**

Научное издание

Печатается в авторской редакции

Компьютерная верстка и техническое редактирование  
*Николаева Н.А., Строганова Г.В.*