

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное агентство научных организаций России  
Российский союз предпринимателей текстильной и легкой промышленности  
(СОЮЗЛЕГПРОМ)  
НП «Технологическая платформа «Текстильная и легкая промышленность»

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет»  
ФГБУН «Институт химии растворов имени Г.А. Крестова» Российской академии наук

**XX Международный  
научно-практический форум**

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

**(SMARTEX – 2017)**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ**

22 – 26 мая 2017 года

УДК 677.1/.5:5

Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX-2017) [Текст]: сб. материалов XX Междунар. науч.-практ. форума, 22–26 мая 2017 года. – Иваново: ИВГПУ, 2017.– 420 с.

**Рецензенты:**

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

## Состав Организационного комитета

Алоян Р.М.	чл.-корр. РААСН, д-р техн. наук, профессор, ректор Ивановского государственного политехнического университета
Киселёв М.Г. Разбродин А.В.	д-р хим. наук, директор Института химии растворов имени Г.А. Крестова РАН (г. Иваново) канд. техн. наук, президент Российского Союза предпринимателей текстильной и лёгкой промышленности (СОЮЗЛЕГПРОМ), член Общественной Палаты РФ, член правления РСПП РФ (г. Москва)
Ibrahim Aman	prof. dr., вице-президент Kafrelsheikh University, Egypt (Университет г. Кафр-эль-Шейх, Арабская Республика Египет)

### Учёные секретари

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

### Члены оргкомитета

Аврелькин В.А. Ахунбабаев О.А.	д-р техн. наук, министр экономического развития и торговли Чувашской Республики (г. Чебоксары) д-р техн. наук, директор Узбекского научно-исследовательского института натуральных волокон (г. Маргилан, Республика Узбекистан)
Бузник В.М.	акад. РАН, д-р хим. наук, проф., нач. лаборатории Всероссийского научно-исследовательского института авиационных материалов (г. Москва)
Васильев Д.М.	канд. техн. наук, директор Ивановского научно-исследовательского института пленочных материалов и искусственной кожи ФСБ России
Elsayed A. Elnashar	prof. dr. профессор кафедры текстиля и одежды факультета специального образования Kafrelsheikh University, Egypt (Университет г. Кафр-эль-Шейх, Арабская Республика Египет)
Киселёв А.М.	д-р техн. наук, профессор, зав. каф. Санкт-Петербургского государственного университета промышленных технологий и дизайна
Киселёв М. В. Койфман О.И.	д-р техн. наук, профессор, Костромского государственного университета чл.-корр. РАН, д-р хим. наук, профессор, президент Ивановского государственного химико-технологического университета
Кокшаров С.А.	д-р техн. наук, проф. зав. научно-инновационным отделом Института химии растворов имени Г.А. Крестова РАН (г. Иваново)
Корнилова Н.Л.	д-р техн. наук, ген. директор ООО «Инжиниринговый центр текстильной и легкой промышленности» (г. Иваново)
Кричевский Г.Е.	президент Российского союза химиков текстильщиков и колористов, д-р техн. наук, профессор Московского государственного университета технологий и управления имени К.Г. Разумовского
Кулида Н.А.	д-р техн. наук, профессор, первый проректор – директор Текстильного института Ивановского государственного политехнического университета
Лодышкин А.В. Лысенко А.А.	канд. экон. наук, начальник Департамента экономического развития и торговли Ивановской области д-р техн. наук, профессор, зав. каф. Санкт-Петербургского государственного университета промышленных технологий и дизайна
Николаев С.Д.	д-р техн. наук, профессор Российского государственного университета имени А.Н.Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство (г. Москва)
Одинцов А.С. Петров Р.В. Рыклин Д.Б.	генеральный директор ООО «Ультрастаб» (Ивановская обл.) первый вице-президент Ассоциации независимых текстильных предприятий ТДЛ (г. Иваново) д-р техн. наук, профессор, зав. каф. Витебского государственного технологического университета (Республика Беларусь)
Трещалин М.Ю. Фёдорова Т.А.	д-р техн. наук, профессор Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова руководитель дирекции Российской Технологической платформы «Текстильная и легкая промышленность», профессор Казанского национального исследовательского технологического университета.

## Состав Программного комитета

проф. Изгородин А.К.	Председатель комитета, д.т.н., зав. каф. Ивановского государственного политехнического университета (г. Иваново)
Алеева С.В. Гусев Б.Н.	д-р техн. наук, вед. науч. сотр. Института химии растворов им. Г.А. Крестова РАН (г. Иваново) д-р техн. наук, профессор, директор Инжинирингового центра текстильной и легкой промышленности Ивановского государственного политехнического университета
Каган Ф.И.	канд. физ.-мат. наук, руководитель Комплекса музейно-выставочных и ресурсных центров «Синергия» Ивановского государственного политехнического университета
Калинин Е.Н. Матрохин А.Ю. Морыганов А.П.	д-р техн. наук, профессор, зав. каф. Ивановского государственного политехнического университета д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой Ивановского государственного политехнического университета д-р техн. наук, профессор, зав. лабораторией Института химии растворов имени Г.А. Крестова РАН (г. Иваново)
Одинцова О.И. Песецкий С.С.	д-р техн. наук, профессор, зав. каф. Ивановского государственного химико-технологического университета чл.-корр. НАН Беларуси, д-р техн. наук, профессор, гл. редактор научного журнала «Полимерные материалы и технологии» Института механики металлополимерных систем имени В. А. Белого НАН Беларуси (г. Гомель, Беларусь)
Петрухин А.Б.	д-р экон. наук, профессор, проректор по научной работе Ивановского государственного политехнического университета
Румянцева В.Е.	советник РААСН, д-р техн. наук, профессор, директор Института социально-гуманитарных и естественных наук Ивановского государственного политехнического университета
Усольцева Н.В. Федосов С.В.	д-р хим. наук, профессор, директор НИИ Наноматериалов Ивановского государственного университета акад. РААСН, д-р техн. наук, профессор, президент Ивановского государственного политехнического университета

## ОЦЕНКА ПОТРЕБНОСТИ ХИМИЧЕСКИХ ВОЛОКОН И НИТЕЙ ДЛЯ ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РОССИИ

### NEEDS ASSESSMENT OF CHEMICAL FIBRES FOR TEXTILE INDUSTRY IN RUSSIA

Е.П. Лаврентьева  
E.P. Lavrentyeva

ОАО «ИНПЦ ТЛП», (Москва)  
ISRPC TLI, OJSC, (Moscow)  
E-mail: elavrentyeva@inpctlp.ru

Представлен анализ производства в России всех видов текстильной продукции: пряжи, ткани, трикотажных изделий и нетканых материалов, чулочно-носочных изделий, швейных ниток, ковров, анализ импорта и потребления химического сырья. Дана оценка потребности химических волокон и нитей для текстильной промышленности России.

**Ключевые слова:** химические волокна и нити; текстильная продукция; производство; импорт; экспорт; потребление.

The article presents a thorough analysis of all types of textiles manufactured in Russia: yarns, fabrics, knitwear and non-woven materials, hosiery, sewing threads, carpets, the analysis of import and consumption of man-made materials. It conducts a needs assessment of man-made fibres for the Russian textile industry.

**Key words:** chemical (or man-made) fibres, textile products, manufacturing, import, export, consumption.

Использование химических волокон и нитей в сырьевой базе текстильной промышленности является одним из важнейших направлений технического развития отрасли. Актуальность этого направления также определяется мировой тенденцией увеличения и расширения использования химических волокон и нитей в товарах народного потребления.

Использование химических волокон растет с каждым годом, особенно в свете постоянного сокращения производства натурального текстильного сырья.

Хотя уровень развития стран определяется, в том числе, душевым потреблением натуральных волокон на человека (так, в Америке он составляет 16 кг/чел., во Франции – 12 кг/чел., в Германии – 9 кг/чел., а в России – 1,5 кг/чел.), в 2014 году общемировое потребление текстильных волокон на одного жителя Земли достигло 12,5 кг, в том числе душевое потребление натуральных волокон – 3,5 кг/чел., а химических волокон – 9,0 кг/чел.

Доля товаров народного потребления с использованием химических волокон **в мире** в настоящее время составляет 75% от общего объема потребления, а с учетом долгосрочного прогноза развития к 2020 году она увеличится до 90%. В России показатель использования химических волокон и нитей в текстильной промышленности составляет порядка 45%.

Основным фактором опережающего темпа роста производства химических волокон является увеличение численности народонаселения земного шара и растущие в связи с этим потребности в текстильных (одежных) материалах. Объем выпуска натуральных волокон, в основном, растительного происхождения (хлопок, лён, и др.) ограничивается конкуренцией со стороны продовольственных культур, в особенности, если их выращивание даёт большую прибыль, чем натуральные волокна.

Вторым важным определяющим фактором является то, что улучшение эксплуатационных свойств химических волокон, наряду с созданием новых видов волокон, позволяет значительно расширить области их применения, как для бытовых, так и для технических целей.



Результаты анализа использования химических волокон и нитей в текстильной промышленности РФ за 2015 год по **видам продукции** представлены в таблице 1.

Анализ выполнен на основе официальных данных Росстата и ФТС.

В таблице 1 представлена динамика производства **пряжи**. Анализ производства пряжи из синтетических и искусственных штапельных волокон в России показывает:

- снижение производства за 3 года на 15,1%;

- сокращение предприятий, специализирующихся на выпуске пряжи из химических волокон.

Потребность в химическом сырье составляет порядка 7,6 тыс. тонн.

Таблица 1

Выработка пряжи по годам

Наименование	2012	2013	2014	2015
Пряжа из синтетических и искусственных волокон, штапельных волокон, тн	7425	8318	6863	6305
Количество предприятий, вырабатывающих данную пряжу	10	7	7	6
Доля в % в общем объеме производства:				
- крупные и средние	99,1	98,6	98,5	96,1
- малые	0,9	1,4	1,5	3,9

Объем производства **шерстяной пряжи** из тонкого и грубого волоса животных приведен в таблице 2.

Таблица 2

Объем производства шерстяной пряжи

Наименование	2012	2013	2014	2015
Пряжа шерстяная, тн	7570	6356	4950	4120
Количество предприятий, вырабатывающих данную пряжу	14	13	17	13
Доля в % в общем объеме производства:				
- крупные и средние	98,1	94,4	96,5	95,4
- малые	1,9	5,6	3,5	4,6

С 2012 года выпуск пряжи шерстяной из тонкого и грубого волоса животных, с вложением химических волокон упал на 46%.

В таблице 3 представлено производство **тканей из химических волокон** и нитей, объем выработки за 2015 год составил 236 924 тыс. м<sup>2</sup>.

Таблица 3

Выработка тканей по годам

Наименование	2012	2013	2014	2015
Ткани из синтетических и искусственных волокон и нитей, тыс.м <sup>2</sup>	113 671	212 902	203 899	236 924
Количество предприятий, выпускающих ткани из данных волокон	28	26	24	19
Доля в % в общем объеме производства:				
- крупные и средние	90,7	94,6	92,5	95,4
- малые	9,3	5,4	7,5	4,6

За 3 года выпуск данных тканей вырос в 2,1 раза. Ткани из синтетических и искусственных волокон и нитей в России выпускаются в Центральном, Северо-Западном, Северокавказском, Приволжском, Уральском федеральном округах. Наибольшее количество их вырабатывается в Центральном федеральном округе – 36,4% от общего количества в России, Уральском федеральном округе – 34,5% соответственно.

Общее расчетное потребление пряжи и нитей химических для производства тканей из них составляет более 70,0 тыс. тонн при среднем весе 300 г/м<sup>2</sup>.

В таблице 4 приведен объем производства **материалов нетканых** (кроме ватина).

Таблица 4

Объем производства нетканых материалов

Наименование	2012	2013	2014	2015
Нетканые материалы (кроме ватина), тыс.м <sup>2</sup>	2 352 836	2 548 884	2 460 597	3 084 199
Количество предприятий, выпускающих данные материалы	38	42	43	42
Доля в % в общем объеме производства:				
- крупные и средние	91,7	95,0	88,6	95,4
- малые	8,3	5,0	11,4	4,6

За 3 года выпуск нетканых материалов в стране вырос в 1,3 раза. Они производятся в 30 областях и городе Москве. Наибольший объем выпуска материалов нетканых в Центральном Федеральном округе - 2 233 395 тыс. м<sup>2</sup> или 72,4% от всего производства в России. Единственная подотрасль промышленности, где растет число предприятий, создаются новые, эффективные производства, цеха, участки.

Расчетная потребность химических волокон и нитей для производства нетканых материалов в год составляет более 300 тыс. тонн при среднем весе 0,15 кг/м кв.

В таблице 5 представлен объем выпуска **верхнего трикотажа** с вложением химических волокон и нитей.

Таблица 5

Объем выпуска верхнего трикотажа

Наименование	2012	2013	2014	2015
Изделия верхнего трикотажа, тыс. шт.	48 796	57 656	56 083	39 929
Количество предприятий, тыс. шт.	52	51	34	31
Доля в % в общем объеме производства:				
- крупные и средние	43,3	73,0	75	67,0
- малые	56,9	27,0	25	33,0

За 3 прошедших года объем выпуска верхнего трикотажа уменьшился с 48796 тыс. шт. до 39929 тыс. шт. или на 19%.

Значительная доля вырабатывается малыми предприятиями. Данный ассортимент вырабатывается в 6 Федеральных округах, наибольшее количество в Центральном Федеральном округе – 20 910 штук или 53,4% от общего выпуска и Южном Федеральном округе – 8 601 тыс. шт. или 21,5% от общего выпуска.

Расчетная потребность в пряже, нитях из химических волокон и нитей составляет при среднегодовой – 50 620, порядка 20 тыс. тонн. При среднем использовании химического сырья 0,5 кг на изделие.

Объемы производства **чулочно-носочных изделий** с вложением химических волокон и нитей представлены в таблице 6.

Таблица 6

## Объем производства чулочно-носочных изделий

Наименование	2012	2013	2014	2015
Всего выработано чулочно-носочных изделий, из них, тыс. пар:	280 297	249 028	206 951	198 695
- носочные изделия	168 178	149 417	124 171	119 217
- колготки	112 119	99 611	82 780	79 478
Доля в % в общем объеме производства:				
- крупные и средние	62,5	63,8	50,6	95,4
- малые	37,5	36,2	49,4	4,6
Количество предприятий	42	50	33	23

В статистике нет разделения производства носков и колготок. При расчетах принимаем тезис, что из общего производства 60% - носочные изделия и 40% - колготки.

В расчетах принято, что на 1 пару носочных изделий используется 10 гр. химических нитей, а на пару колготок – 50 гр.

Производство чулочно-носочных изделий с 2012 года по 2015 год упало на 30%. По экспертным оценкам это происходит из-за наличия не учтенных производств, цехов, т.е. выпуск незаконной продукции. Не может страна потреблять 1 пару на человека.

Расчет потребления (среднегодовое) химических волокон и нитей при производстве чулочно-носочных изделий:

- Среднегодовой выпуск продукции (за 3 года) – 233743 тыс. пар, из них:
  - носочные изделия – 140245 тыс. пар – 10 гр. на пару – 1,0 тыс. тонн
  - колготки - 93497 тыс. пар – 50 гр. на пару – 3,0 тыс. тонн

Объемы производства **швейных ниток** из синтетических и искусственных нитей приведены в таблице 7.

Таблица 7

## Объем производства швейных ниток

Наименование	2012	2013	2014	2015
Нитки из синтетических и искусственных нитей, тыс. усл. катушек	106 459	94 985	68 752	65 997
Количество предприятий	4	3	4	3
Доля в % в общем объеме производства:				
- крупные и средние	99,4	99,5	98,2	96,4
- малые	0,6	0,5	1,8	3,6

За 3 года выпуск ниток упал на 38%.

Доля ниток из синтетических и искусственных волокон в общем объеме производства всех видов ниток составляет 37,0%.

Расчет потребности химических нитей для производства ниток:

среднегодовой выпуск ниток – 84048 тыс. усл. катушек – 1 кат – 200 метров,

Средний № ниток – 35-32 гр/км:  $84048 \times 200 \text{ м} = 16829600000 \text{ метров} - 1000 \text{ м} - 32 \text{ RP} = 538547,2 \text{ кг}$  или 538,5 тонн.

Производство **ковров и ковровых изделий** представлено в таблице 8.

Таблица 8

## Производство ковров и ковровых изделий

Наименование	2012	2013	2014	2015
Ковры и ковровые изделия, тыс. м <sup>2</sup>	15 828	22 305	17 074	22 582
Количество предприятий	3	5	6	5
Доля в % в общем объеме производства:				
- крупные и средние	57,1	82,8	88,6	83,9
- малые	42,9	17,2	11,4	16,1

Выпуск ковров и ковровых изделий за 3 года вырос на 43%. Лидером по выпуску данной продукции является Северо-Западный Федеральный округ, его доля от общего выпуска ковров и ковровых изделий в России составляет 50,3%, причем ООО «НЕВАТАФТ» выпускает 6290 тыс. м<sup>2</sup> или 27,9% от общего выпуска.

Расчет потребности в химических сырьевых ресурсах для производства ковров и ковровых изделий, по 2015 году: средний вес 1 м<sup>2</sup> – 600 гр; выпуск 22582 тыс. м<sup>2</sup>; сырье – 13549,2×1,05, выход – **14,2 тыс. тонн.**

Сводная динамика **импорта в РФ химических сырьевых ресурсов** (волокна, нити, пряжа, ткани и др.) представлена в таблице 9.

При среднем весе 1 м<sup>2</sup> 230 гр. объем составляет – 215,3 тыс. тонн в год.

Таблица 9

## Сводная таблица импорта в РФ химических сырьевых ресурсов

	2012	2013	2014	2015	Темп 2015г 2012г, %
Волокна, т. тн	122,3	146,1	115	113,3	92,6
Жгут, т. тн	34,6	31,8	26,4	28,2	81,5
Нити, т. тн	40,0	64,5	68,0	73,7	184,3
Пряжа, т. тн	26,9	27,7	27,3	20,9	77,8
Нитки всех видов, т. тн	7,5	6,2	6,7	7,05	94
Итого, т. тонн	231,3	276,3	243,4	243,2	105,1
Ткани всех видов, тыс. м <sup>2</sup>	1695	1277,6	628,2	936,1	55,2

Сводные объемы и показатели структуры потребления химического сырья и продукции из него по виду ассортимента за 2015 год представлены в таблице 10.

Таблица 10

## Сводная таблица объемов и структуры потребления химического сырья и продукции из него (среднегодовое значение)

№	Наименование продукции	Среднегодовой выпуск продукции с химическими волокнами и нитями	Среднегодовой объем потребления химической продукции	Доля, %
1	Производство пряжи из синтетических, искусственных волокон, штапельных	7500 тн	7 000 тн	1,65
2	Производства пряжи шерстяной	5000 тн	2 000 тн	0,77

Продолжение таблицы 10

3	Ткани из синтетических и искусственных нитей на специализированных предприятиях	240 000 тыс. м <sup>2</sup>	70 000 тн	16,53
4	Производство нетканых материалов (кроме ватина)	2 158 939,3 тыс. м <sup>2</sup>	300 000 тн	70,83
5	Верхний трикотаж	50 000 тыс. шт.	20 000 тн	4,72
6	Чулочно-носочные изделия	140 000 тыс. пар носков 93 497 тыс. пар колготок	4 000 тн	0,94
7	Производство ниток швейных из синтетических и искусственных нитей	84 000 тыс. усл. катушек	540 тн	0,13
8	Производство ковров и ковровых покрытий	23 000 тыс. м <sup>2</sup>	10 000 тн	2,36
9	Прочие виды текстильной продукции	-	10 000 тн	2,36
	<b>Всего среднегодовой объем потребления химических ресурсов</b>		423 540 тн	100

В таблице 11 представлен баланс потребления химических волокон, пряжи, нитей и тканей с их использованием.

Таблица 11

Баланс потребления химических волокон, пряжи, нитей, ткани в 2015 г.

Произведено в РФ	Импорт в РФ	Экспорт из РФ	Баланс потребления
Пряжа, т.тн			
6,3	21,0	0,97	26,3
Нитки, тыс.тн			
0,54	7,0	0,3	7,24
Ткани, м.м <sup>2</sup>			
237,0	940,0	13,12	1163,9
Нити, волокна, тыс. тн			
151	215	17,3	348,7

Анализ таблицы 11 показывает, что доля импорта в балансе потребления достаточно высока.

**Выводы:**

1. В России наблюдается низкий процент производства и потребления химических волокон и нитей.

2. Доля импорта в балансе потребления химического сырья и продукции из нее составляет порядка:

- волокна, нити, жгут – 60,0%
- пряжа – 80,0%
- нитки – 97,0%
- ткани – 80,0%.

3. Основной вид продукции, где используется химическое сырье – нетканые материалы - 70,8%, ткани – 16,53%.

4. Учитывая, что практически ни одна область промышленности не обходится без применения текстильной продукции, дальнейшее развитие текстильной и легкой промышленности с увеличением выпуска продукции с высокой добавленной стоимостью возможно при двух факторах:

- развитие сырьевой базы,
- модернизация производства и создание новых мощностей.

5. Необходима разработка государственной программы развития химического потенциала России по производству химических волокон и нитей для производства текстильных материалов и готовой продукции из нее.

УДК 677.494:678.8

## МОДИФИЦИРОВАННЫЕ ПОЛИТЕТРАФТОРЭТИЛЕНОМ ТЕРМОПЛАСТИЧНЫЕ НИТИ, ОБЛАДАЮЩИЕ ВЫСОКОЙ ХЕМОСТОЙКОСТЬЮ

### POLYTETRAFLUOROETHYLENE MODIFIED THERMOPLASTIC YARNS WITH HIGH CHEMICAL RESISTANCE

Н.П. Пророкова<sup>1</sup>, В.М. Бузник<sup>2</sup>, С.Ю. Вавилова<sup>1</sup>  
N.P. Prorokova<sup>1</sup>, V.M. Bouzник<sup>2</sup>, S.Yu. Vavilova<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт химии растворов им. Г.А. Крестова РАН (г. Иваново)

<sup>2</sup>Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов (Москва)

<sup>1</sup>G.A. Krestov Institute of Solution Chemistry of Russian Academy of Science (Ivanovo) <sup>2</sup>All-Russian Research Institute of Aviation Materials (Moscow)

E-mail: npp@isc-ras.ru, bouzник@ngs.ru, sjv@isc-ras.ru

Рассмотрены свойства термопластичных нитей с покрытием из политетрафторэтилена, сформированным на стадии получения нитей из расплава. Определена прочность нитей с покрытием из политетрафторэтилена. Исследована хемотстойкость модифицированных нитей. Проанализирована устойчивость достигнутого эффекта к эксплуатационным воздействиям.

**Ключевые слова:** термопластичная нить; формование из расплава; политетрафторэтилен; покрытие; химическая стойкость.

The properties of thermoplastic yarns with coating of polytetrafluoroethylene, formed at the stage of melt spinning, were considered. The strength of yarns with coating of polytetrafluoroethylene was defined. The chemical resistance of the modified yarns was investigated. The resistance of the achieved effect to operational influences was analyzed.

**Keywords:** thermoplastic yarn; melt spinning; polytetrafluoroethylene; coating; chemical resistance.

Волокна, нити и ткани, обладающие высокой химической стойкостью, пользуются постоянным высоким спросом. Они применяются для изготовления тканей для фильтрации горячих газов и сильно агрессивных жидкостей, кислотоупорных набивок для центробежных насосов, спецодежды и других изделий. Как известно, максимально высокой химической стойкостью обладают фторсодержащие волокнистые материалы, особенно волокна из политетрафторэтилена (Teflon®, Toyoflon®, Polifen®). Однако переработка политетрафторэтилена (ПТФЭ) в волокна затрудняется из-за того, что этот полимер не может быть переведен в расплав без разложения и не растворяется в известных растворителях. Для получения волокон и нитей из ПТФЭ был разработан принципиально новый метод, отличающийся от методов получения других синтетических волокон [1]. Он основан на формовании волокон из загущенной специальным полимером-загустителем водной дисперсии ПТФЭ. Такие волокна подвергаются быстрому нагреву до 380-390 °С, в процессе которого полимер-загуститель разрушается и удаляется в виде газообразных

веществ, а ПТФЭ спекается до начала его разложения. Для упрочнения волокон и нитей они подвергаются дополнительному ориентационному вытягиванию при повышенной температуре. Описанный способ является технологически сложным, энергоемким, экологически опасным и дорогостоящим.

В последние десятилетия начато получение волокон из ПТФЭ методом твердофазного формования, в основе которого лежит явление сверхпластичности ПТФЭ, обнаруженное при исследовании ориентационного деформирования полимеров под гидростатическим давлением [2,3]. Новый метод является более простым и безопасным. Однако, хотя стоимость волокон на основе ПТФЭ, полученных по новому способу, несколько снижается, она все же остается чрезвычайно высокой, что связано с высокой стоимостью сырья.

Перспективным путем снижения материалоемкости и, как следствие, стоимости волокон и нитей, является замена нитей из ПТФЭ на бикомпонентные нити, сердцевина которых состоит из дешевого термопластичного волокнообразующего полимера, например, полипропилена, а на поверхности находится слой ПТФЭ. Однако ряд свойств ПТФЭ (нулевой дипольный момент, очень низкая адгезионная способность) делает решение такой задачи очень сложным.

В настоящей работе для обеспечения адгезии ПТФЭ к полипропилену использовали нанесение суспензии ПТФЭ на поверхность полутвержденной полипропиленовой нити при формовании её из расплава на стадии замасливания. С помощью вытягивания при повышенных температурах нити с нанесенным ПТФЭ обеспечивали ориентацию и перераспределение ПТФЭ, приводящее в формированию ультратонкого, сплошного, равномерного покрытия [4,5].

Известно, что степень ориентации макромолекул термопластичного полимера, которая в значительной степени определяет прочностные свойства нити, увеличивается с повышением кратности вытягивания. Повышенной кратности вытягивания, обеспечивающей получение нитей с совершенной структурой и высокой прочностью, можно достичь за счет повышения температуры вытягивания. Однако максимальная температура вытягивания лимитируется температурой размягчения волокнообразующего полимера, при которой переработка нитей сильно затруднена. В связи с этим максимальное значение температуры ориентационного вытягивания немодифицированной полипропиленовой нити составляет 123 – 125 °С. Нанесение на поверхность полипропиленовой нити покрытия из ПТФЭ делает возможным повышение температуры ориентационного вытягивания модифицированной нити - экспериментально установлено, что максимально возможная температура вытягивания такой нити приближается к температуре плавления полипропилена.

О влиянии температуры вытягивания модифицированной полипропиленовой нити на её разрывные полуцикловые характеристики можно судить по данным табл.1 [6].

Таблица 1

Влияние модифицирования полипропиленовой нити ПТФЭ на её основные разрывные полуцикловые характеристики

Вид полипропиленовой нити	Удельная разрывная нагрузка, МПа	Относительное разрывное удлинение, %
Немодифицированная нить		
Ориентированная при T = 118-125 °С	395 ± 15	34,3 ± 2,8
Модифицированная нить		
Ориентированная при T = 120-135 °С	439 ± 30	46,0 ± 2,2
Ориентированная при T = 120-145 °С	484 ± 16	45,8 ± 3,9
Ориентированная при T = 120-155 °С	630 ± 61	45,4 ± 4,4

Из таблицы следует, что при модифицировании нити значительно повышается её удельная разрывная нагрузка. Максимальное повышение прочности (59 %) наблюдается при

наиболее высокой температуре ориентационного вытягивания нити (155 °С). Отмеченная закономерность связана с тем, что, как уже указывалось, под действием растягивающей деформации растет упорядоченность супрамолекулярных структур полипропиленовой сердцевины нити и её ПТФЭ покрытия. Эта тенденция сильнее проявляется при более высоких температурах.

Изменение химической природы и рельефа поверхности нити за счет формирования на ней покрытия на основе ПТФЭ сказывается на трибологических характеристиках модифицированных нитей - в результате модифицирования полипропиленовой нити коэффициент трения волокна по волокну снижается с 0,2 до 0,04. Следовательно, модифицированная нить приобретает значения коэффициента трения, близкие к коэффициенту трения ПТФЭ.

Химическую стойкость модифицированной нити оценивали по изменению её разрывной нагрузки после продолжительного воздействия агрессивных жидкостей – раствора гидроксида натрия концентрации 200 г/л и концентрированной азотной кислоты, являющейся одновременно сильным окислителем. Полученные данные представлены в табл. 2 [7].

Таблица 2  
Химическая стойкость полипропиленовой нити, модифицированной ПТФЭ

До воздействия агрессивных реагентов		После кипячения в NaOH 5 моль/л в течение 3 час.		После выдерживания в конц. HNO <sub>3</sub> в течение 24 час.	
Удельная разрывная нагрузка, МПа	Относительное разрывное удлинение, %	Удельная разрывная нагрузка, МПа	Относительное разрывное удлинение, %	Удельная разрывная нагрузка, МПа	Относительное разрывное удлинение, %
Немодифицированная нить					
395 ± 15	34,3 ± 2,8	365 ± 14	53,1 ± 3,6	290 ± 14	41,2 ± 3,6
Модифицированная нить					
459 ± 67	40,6 ± 5,2	524 ± 23	47,0 ± 4,4	572 ± 19	36,3 ± 2,0

Из таблицы следует, что прочность немодифицированной полипропиленовой нити под действием концентрированных щелочей и кислот уменьшается на 8 – 27 % соответственно. Воздействие агрессивных жидкостей на модифицированную нить не только не приводит к потере прочности, но даже способствует её возрастанию.

Отсутствие деструкции модифицированной полипропиленовой нити под действием агрессивных сред свидетельствует о том, что ПТФЭ покрытие, защищающее её поверхность, является сплошным, и его структура не имеет дефектов. Отмеченный прирост прочности модифицированной нити связан с удалением с поверхности полипропиленовой подложки слабо связанного с ней избыточного количества ПТФЭ [7]. В результате этого дополнительно повышается равномерность структуры покрытия и выравнивается его поверхность.

Исследование устойчивости сформированного покрытия к истирающим воздействиям показало, что после интенсивных истирающих воздействий (50 циклов) покрытие остается гладким и однородным. Это свидетельствует о хорошей устойчивости покрытия к эксплуатационным воздействиям.

– Таким образом, разработан простой и эффективный способ модифицирования синтетических термопластичных нитей в процессе их формования из расплава для придания экстремально высокой химической стойкости, подобной химической стойкости фторполимерных нитей. Новый способ отличается следующими преимуществами:

– значительно повышается прочности нити;



- существенно возрастает хемостойкость;
- снижается коэффициент трения.

Модифицированные термопластичные нити имеют значительно меньшую, чем у фторопластовых нитей, себестоимость. Технологию модифицирования достаточно проста, её можно реализовать на серийном оборудовании для получения нитей из расплава.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Moncrieff R-W. Man-Made Fibres / John Wiley and Sons, Inc, N.-Y., 1975.
2. Mc Gee R.L., Collier J.R. Solid State Extrusion of Polytetrafluoroethylene Fibers // Polymer Eng. & Sci. – 1986. – V. 26, N3. – P. 239–242.
3. <http://www.formoplast-spb.ru/volokna-f4/>
4. Синтетические нити с высокой хемостойкостью и низким коэффициентом трения: пат. 2522337 РФ, МПК D01F 8/04, D01F 11/04, D01F 6/06, D01F 6/60, D01F 6/62, D06M 15/256 / Пророкова Н.П., Вавилова С.Ю., Кумеева Т.Ю., Морыганов А.П., Бузник В.М.; заявитель ИХР РАН - № 2012153927/05 от 14.12.2012, опубл. 10.07.2014
5. Способ получения синтетических нитей: пат. 2522338 РФ, МПК D01F 11/04, D06M 15/256, D01F 6/00, D01F 6/06, D01F 6/60, D01F 6/62 / Пророкова Н.П., Вавилова С.Ю., Кумеева Т.Ю., Морыганов А.П., Бузник В.М.; заявитель ИХР РАН - № 2012153928/05 от 14.12.2012, опубл. 10.07.2014
6. Пророкова Н.П., Бузник В.М. Модифицирование синтетических волокнистых материалов с использованием фторполимеров // Полимерные материалы и нанотехнологии – 2017 (в печати)
7. Prorokova N.P., Vavilova S.Y., Buznik V.M. Giving of extremely high chemical resistance to polypropylene filaments by means of surface modification by polytetrafluoroethylene // J. Fluor. Chem. 2017 (In print)

УДК 677.03

### ЭЛЕМЕНТАРИЗОВАННОЕ ЛЬНЯНОЕ ВОЛОКНО: ОТ ИССЛЕДОВАНИЙ К ВНЕДРЕНИЮ

#### FILAMENT FLAX FIBRES: FROM RESEARCH TO MANUFACTURING

И.Ю. Ларин<sup>1</sup>, О.Н. Гатаулин<sup>3</sup>, А.П. Морыганов<sup>2</sup>  
I.Yu. Larin<sup>1</sup>, O.N. Gataulin<sup>3</sup>, A.P. Moryganov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ивановский государственный политехнический университет  
<sup>2</sup>Институт химии растворов им. Г.А.Крестова РАН (г. Иваново)

<sup>3</sup>ООО ИПФ «ТексИнж» (г. Иваново)<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Ivanovo State Polytechnic University

<sup>2</sup>G.A. Krestov Institute of Solution Chemistry of the  
Russian Academy of Sciences (Ivanovo)

<sup>3</sup>LTD IPF “” «TexEnj» (Ivanovo)

E-mail: larin\_igor@inbox.ru, apm@isc-ras.ru, texinzh@mail.ru

Предложен новый подход к модификации льняного волокна – элементаризация методом циклического деформирования, обеспечивающий практически полный его распад до элементарных волокон. При этом достигается высокая степень очистки их от примесей. Сравнительный анализ состава лигноуглеводного комплекса, гигроскопических и физико-механических свойств элементаризованного льноволокна показал, что по всем характеристикам новый вид волокна превосходит льноволокна, котонизированные по известным технологиям. Дальнейшие химические обработки элементаризованного волокна или изделий на его основе могут проводиться в значительно более мягких условиях, чем

требуется при обработках известных видов льнопродукции. Это открывает возможности получения нового вида волокнистого сырья – элементаризованного льноволокна, фракционированного для производства широкого спектра инновационных текстильных, технических и медицинских изделий.

**Ключевые слова:** элементаризованное льноволокно; котонизированное льноволокно; лигноуглеводный комплекс; лигнин; пектины; гемицеллюлозы; целлюлоза.

**A new approach to the modification of flax-filament method is suggested – filaments of flax are produced by the method of cyclic deformation, providing almost full disintegration to the elementary fibers with high degree of cleaning them from impurities. Comparative analysis of lignin-carbon structure complex, hygroscopic and physico-mechanical properties of elementary flax fibers revealed that all the characteristics of the new type flax fibers surpass the cottonized flax, produced by the well-known technologies. Further chemical treatment of the flax filaments or products, based on their implementation, can be accomplished in much milder conditions than that, required for finishing of the known species of flax. This opens up the possibility of obtaining a new type of fibrous raw materials – filament flax fibers, designated for production of a wide range of innovative technical and medical textile products.**

**Keywords:** filament flax fiber; cottonized flax fiber; lignin-carbon complex; lignin; pectin; hemicellulose; cellulose.

При модифицировании лубяных волокон (в частности, льна) механическим методам отводится наиболее значительная роль: они могут использоваться не только автономно, но и являются необходимой стадией при реализации прочих способов. Это связано с тем, что они позволяют в большей или меньшей степени разрушать комплексные волокна, и, в результате, облегчать доступ химических реагентов или биохимических препаратов в их структуру.

Общим недостатком модифицированных волокон, делающим проблематичным их дальнейшую переработку по существующим технологиям хлопко- и шерстепрядения в изделия бытового и медицинского назначения с высокой степенью чистоты, является высокая дисперсность по геометрическим размерам, физико-механическим показателям, химическому составу и наличию примесей (остатки костры, пыль), а также волокон с высокой степенью одревеснения [1].

Разрабатываемый нами способ элементаризации является принципиально новым направлением в модификации льняных волокон, позволяющим освоить производство нового вида льняного сырья - элементаризованного льняного волокна - и в максимальной степени рационально использовать ценное отечественное сырье. Подход к решению задачи основан на целенаправленном разрушении соединительных тканей комплексного льноволокна под действием многократных циклических деформирующих нагрузок [2].

С помощью модельного устройства получены лабораторные образцы элементаризованного льноволокна. Установлено, что разрушение склеренхимных тканей льноволокна под действием деформирующих нагрузок сопровождается эффективным механическим удалением лигнина и пектиновых веществ: остаточное содержание их составляет соответственно 50 и 66 % от исходного количества с одновременным повышением доли целлюлозной составляющей (до 80,1%) [3]. Аналогичные показатели были получены ранее при осуществлении двухстадийного механохимического способа модификации льносырья, в котором основную роль в деструкции примесей играют химические процессы, протекающие с участием реагентов селективного действия по отношению к лигнину и пектинам [4]. При котонизации по известным механическим способам такого результата добиться не удастся.

Очень важно подчеркнуть, что высокая степень очистки от примесей позволяет получить развитую капиллярно-пористую систему, придающую волокну гидрофильность уже на стадии механической обработки (табл. 1).

---

\*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ (проект № 15-48-03021)

Благодаря этому дальнейшие химические обработки волокна или изделий на его основе (при их необходимости) могут проводиться в значительно более мягких условиях, чем требуется при обработках известных видов льнопродукции. Как показано в табл. 2, итогом более полного удаления примесей в условиях элементаризации льноволокна становится резкое увеличение границы раздела фаз, на которой при дальнейших химических обработках протекают гетерогенные процессы взаимодействия реагентов с остаточными примесями, сопровождающиеся их растворением (табл.2) и окончательным дроблением комплексных волокон (рис.1).

Анализ кинетики деструкции и растворения основных примесей срединных пластинок выявил более чем 1,5-кратное ускорение процесса удаления наиболее трудногидролизуемого компонента ЛУК – лигнина - из элементаризованного волокна ( $K_{ск} = 2,67 \cdot 10^{-4} \text{с}^{-1}$ ) по сравнению с котонизированным ( $K_{ск} = 1,68 \cdot 10^{-4} \text{с}^{-1}$ ).

Таблица 1

Гигроскопические свойства элементаризованных и котонизированных льноволокна

Наименование показателей	Значения показателей для волокон		
	элементаризованного	котонизированного	хлопка селекции 108-Ф
Капиллярность, мм/10 мин	65	0	0
Водопоглощение, г/г волокна	16,6	2,0	5,5

Проведен количественный рентгенографический анализ изменения параметров аморфно-кристаллической структуры целлюлозной составляющей льноволокна при различных вариантах их модифицирования. Показано, что удаление примесей из льняных волокон в результате механических воздействий не влияет на размеры кристаллитных образований целлюлозы.

Исследованиями российских образцов льняного волокна установлено, линейная плотность элементаризованных волокон выше волокон хлопковых и составляет 213 – 285 мтекс; вместе с тем, элементаризованные волокна имеют меньшие размеры поперечного сечения (7 – 23 мкм) и большую прочность (табл. 3).

Таблица 2

Влияние вида обработки на состав льняного волокна

Вид льноволокна	Потеря массы, %	Остаточное содержание, %			
		целлюлозы	лигнина	пектинов	гемицеллюлоз
Исходное	-	64,4	5,1	4,8	10,5
Котонизированное	-	76,2	4,8	4,2	10,2
Котонизированное, подвергнутое химической обработке в среде гидроксида натрия*	10,7	80,4	3,1	3,3	4,7
Котонизированное, подвергнутое химической обработке в среде карбоната натрия*	8,5	81,4	3,9	3,8	5,6
Элементаризованное	-	80,1	2,6	3,2	9,8

Элементаризованное, подвергнутое химической обработке в среде гидроксида натрия*	19,1	84,7	1,8	2,1	2,8
Элементаризованное, подвергнутое химической обработке в среде карбоната натрия*	13,0	85,0	2,0	2,2	3,0

- Варка при 100° С в течение 2 часов в растворах, содержащих, г/л: щелочной реагент – 5,0, триэтанолламин – 1,0, комплексон – 0,1

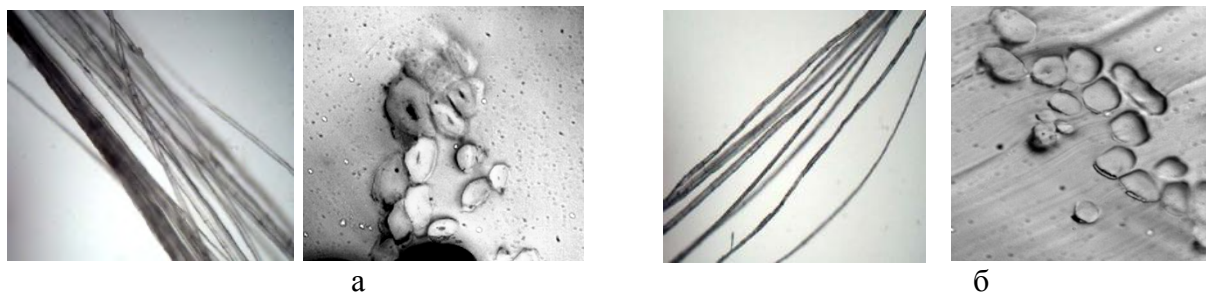


Рис.2 Микрофотографии химически модифицированных льноволокна (увеличение 1:100) и их поперечных срезов (увеличение 1:400): а- котонизированного, б – элементаризованного

Исследованиями российских образцов льняного волокна установлено, линейная плотность элементаризованных волокон выше волокон хлопковых и составляет 213 – 285 мтекс; вместе с тем, элементаризованные волокна имеют меньшие размеры поперечного сечения (7 – 23 мкм) и большую прочность (табл. 3).

На рис. 2 представлена гистограмма распределения льняного элементаризованного волокна по длине в сравнении с гистограммой хлопкового волокна селекции 108-Ф. Элементаризованное волокно имеет отличный от хлопка закон распределения по длине и содержит в своем составе 44,3 % непрядомых волокон (длиной до 15 мм). Они оказывают значительное негативное влияние на характеристики длины волокна: так, средняя длина волокна

Таблица 3

Физико-механические показатели волокон

Наименование показателей	Значения показателей для волокон		
	элементаризованного	котонизированного	хлопка селекции 108-Ф
Средняя линейная плотность, мтекс	213 – 285	1030 – 2520	179
Размеры поперечника, мкм	7 – 23	86 – 215	25
Абсолютная разрывная нагрузка, сН	6,6 – 11,2	21,8 – 35,4	4,5
Удельная разрывная нагрузка, сН/текс	27,3 – 50,8	21,2 – 29,5	25,0

составляет 18,8 мм, штапельная длина – 24,2 мм. Волокну с таким высоким содержанием пуха сложно найти применение в прядении, поэтому на стадии производства элементаризованного волокна его необходимо рассортировать на фракции по длине волокна: прядомую и непрядомую. Деление волокна на прядомую и непрядомую фракции позволит значительно улучшить характеристики длины волокон составляющих прядомую фракцию и уменьшить, таким образом, линейную плотность производимой пряжи, повысить её ровноту

и прочность. Так же в отдельную фракцию необходимо выделить жесткие неразработанные волокна, что позволит повысить стабильность процесса прядения. Короткие элементаризованные волокна непрядомой фракции являются прекрасным сырьем для производства большого количества различных видов продукции, например, сорбирующих наполнителей подушек и средств личной гигиены, целлюлозы, эфиров целлюлозы и продуктов на их основе.

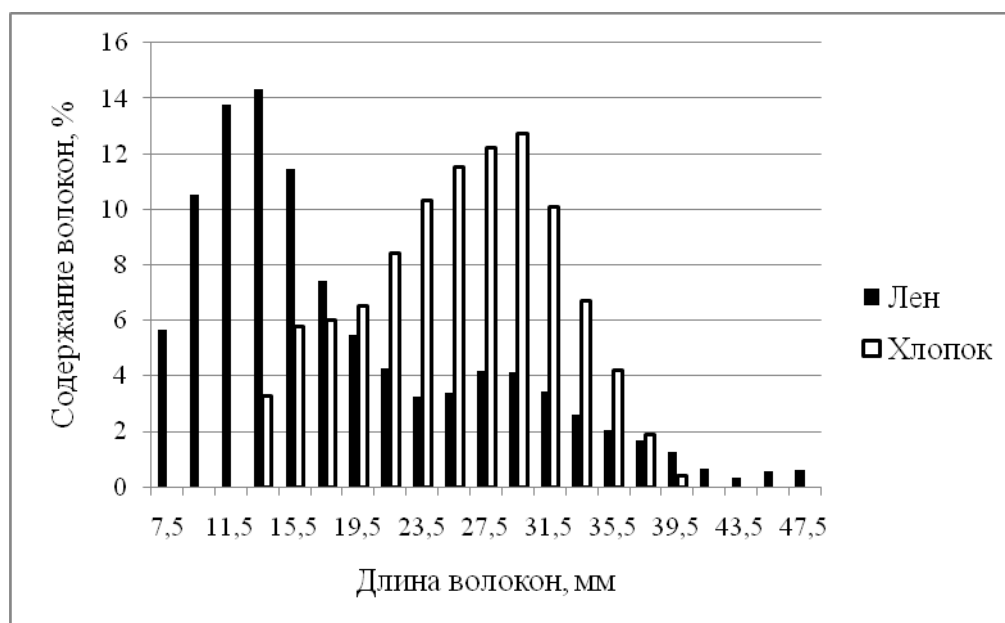


Рис. 2. Гистограммы распределения льяных и хлопковых волокон по длине

Для прядомой группы элементаризованного волокна расчетным путем определен диапазон линейных плотностей льяной пряжи, которую можно производить из этого волокна на хлопкопрядильном оборудовании: по кардной системе – до линейной плотности 22 текс и по гребенной системе – до линейной плотности 14 текс.

В настоящее время совместно с ООО ИПФ «ТексИнж» начаты работы по созданию машины элементаризации льяных волокон, создано два макета узлов машины, проводятся их исследования. Создаваемым оборудованием элементаризации планируется доукомплектовать линию котонизации короткого льяного волокна производства ООО ИПФ «ТексИнж» и провести её частичную модернизацию. В результате, модернизированная линия позволит производить фракционированное элементаризованное волокно.

Предварительная оценка выходов элементаризованного волокна позволяет прогнозировать, что из одной тонны короткого волокна льна может быть произведено 250 – 300 кг элементаризованного волокна прядомой фракции и столько же волокна непрядомой фракции. В общем балансе производимого сырья это составит 18,8 – 22,5 % для прядомого волокна и столько же - для волокна непрядомого. Таким образом, разрабатываемая технология элементаризации позволит увеличить выход прядомого волокна без увеличения посевных площадей льна-долгунца и без модернизации предприятий первичной обработки.

В настоящее время во всем мире расширяется использование волокна конопли. В России с появлением новых селекционных сортов ненаркотической конопли происходит возрождение возделывания её культуры и промышленного производства волокна. Выполненные нами поисковые исследования показывают, что использование циклического деформирования волокна ненаркотической конопли в сочетании с химическими обработками позволяют успешно вести процесс его модификации. Средняя линейная плотность модифицированного волокна составляет 1,2 – 1,8 текс. Дальнейшее развитие этих работ направлено на создание способа получения высококачественного волокнистого сырья для

широкого ассортимента бытовых и технических тканей на основе безнаркотической конопли, а так же его аппаратурное оформление.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ларин И.Ю. Влияние жестких волокон котонина на качество пряжи и стабильность технологического процесса прядения // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2016. № 2. С. 69-100.
2. Патент РФ № 2497982. Способ обработки комплексных лубяных волокон и устройство для его реализации. / Ларин И. Ю., Савинов Е. Р.
3. Стокозенко В.Г., Ларин И.Ю., Воронина Е.Р., Титова Ю.В., Морыганов А.П. Влияние элементаризации льноволокна на его свойства и состав примесей // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2016. № 4. С. 54-57.
4. Современные проблемы модификации природных и синтетических волокнистых и других полимерных материалов: теория и практика. Колл. монография под ред. А.П. Морыганова и Г.Е. Заикова. Гл. 2. Воздействие окислительно-восстановительных систем на природные полисахариды в процессах химической модификации лубяных волокон. (Стокозенко В. Г., Морыганов А. П.) - СПб.: Научные основы и технологии. 2012. С. 71-133.

УДК: 677.027.

### РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ РЕПЕЛЛЕНТНОЙ ОТДЕЛКИ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

#### THE DEVELOPMENT OF TEXTILE MATERIALS REPELLENT FINISHING TECHNOLOGY

О.И. Одинцова, А.А. Прохорова  
O.I. Odintsova, A.A. Prokhorova

Ивановский государственный химико-технологический университет,  
Ivanovo State University of Chemistry and Technology,  
E-mail: odolga@yandex.ru, prohorova.a94@yandex.ru

Разработана методика получения микроэмульсии, включающей альфа-циперметрин, на основе подобранной системы эмульгаторов, эфирного масла и стабилизатора, обеспечивающая достижение размеров капсул в нанометровом диапазоне. Методом неинвазивного обратного рассеивания проведена идентификация размеров частиц эмульсии. Оценено нанодисперсное состояние и агрегативная устойчивость экспериментальных образцов капсулированных акарицидно-репеллентных веществ (АРВ). Исследовано влияние масляных растворителей и полиэлектролитов на размер капсул АРВ.

**Ключевые слова:** репелленты; микрокапсулы; наноэмульсия; альфациперметрин; полиэлектролиты.

The technique of obtaining a microemulsion comprising alphacypermethrin, which based on the emulsifier system chosen, essential oils and the stabilizer provided achievement capsule sizes in the nanometer range, was developed. The method of non-invasive backscattering to identify the particle sizes of the emulsion was conducted. The nanodispersed state and aggregate stability experimental samples encapsulated acaricidally-repellent substances (ARS) was estimated. The influence of oil solvents and polyelectrolytes on the capsules ARS size was investigated.

**Key words:** repellent; microcapsules; nanoemulsions; alphacypermethrin; polyelectrolytes.

В последнее время задачи, стоящие перед заключительной отделкой текстильных материалов, усложнились. Негативное воздействие химической обработки тканей в сочетании с высокими требованиями к промышленным стокам, привело к поиску передовых

экологически чистых процессов отделки текстильных материалов. Новые методы поверхностной обработки тканей позволяют улучшить функциональность материалов и повысить долговечность покрытия по сравнению с традиционными способами отделки. Эти методы включают в себя иммобилизацию функциональных веществ, технологию «Layer-by-Layer» (метод самосборки), нанопокрывтия, микрокапсулирование и использование плазмы для осаждения функциональных молекул [1-3, с. 15; с. 1191; с. 42]. Все эти методы отличаются от обычных покрытий тем, что придают особые функциональные возможности для текстильных поверхностей путем достижения изменений в микро- или наноуровне, не затрагивая объемные свойства. Эти процессы улучшают функциональность с минимальным влиянием на физико-механические свойства текстильных материалов.

Полиэлектrolитные многослойные покрытия, ставшие новым способом функционализации поверхности, подходят для поверхностной обработки многих видов текстильных материалов. Механизм получения полиэлектролитной пленки основан на адсорбции противоположно заряженных полиэлектролитов на поверхности материала, путем погружения материала в растворы полиэлектролитов [4, с. 1084].

Микрокапсулирование это современный технологический процесс, который широко используется в различных промышленных и научных областях. Сущность микрокапсулирования состоит в «окружении» активного вещества (например, репеллента красителя, отдушки, противомикробного средства, фермента, антипирена и т.д.) оболочкой для его стабилизации, долговечности, для защиты от воздействия от окружающей среды, света, кислорода или других реагентов. В области текстильной промышленности, этот экономически эффективный способ можно использовать для нанесения различных функциональных агентов на ткань и достижения более высокой эффективности функциональных веществ, например, для продления срока службы ароматов, увеличения времени защитного эффекта антимикробной отделки текстильных материалов [5, с. 338].

Перспективным является использование метода микрокапсулирования для инкорпорирования акарицидно-репеллентных веществ (АРВ) в структуру текстильного материала, с целью получения пролонгированного эффекта для защиты от насекомых.

Цель работы состояла в создании экологически безопасного способа репеллентной отделки текстильных материалов основанной на сочетании приемов метода «Layer-by-Layer» и микроэмульсионного капсулирования.

В качестве полиэлектролитов были использованы: полидиаллилдиметиламмоний хлорид (ПДАДМАХ) производства ОАО «Башкирская содовая компания», город Стерлитамак - синтетический органический высокомолекулярный катионный водорастворимый полимер линейно-циклической структуры и Акремоны (ЗАО «Оргполимерсинтез», город Санкт-Петербург) – анионные полиэлектролиты на основе поликарбоновых кислот, их солей и эфиров.

Репеллентом служил альфациперметрин (АЦП) – синтетический перитроид отечественного производства, являющийся малотоксичным и более активным по сравнению с импортным аналогом – перметрином. Альфаципериметрин не растворим в воде, что предопределило выбор нетоксичного масляного растворителя, а также выбор эффективного эмульгатора для получения наноэмульсии, содержащей в своем составе репеллент.

В качестве экологически безопасного носителя для АЦП были выбраны эфирные масла, обладающие способностью отпугивать насекомых, помогая отойти от использования в качестве растворителя летучих органических веществ. Капсулирование таких масел с растворенным в них репеллентом на текстильных материалах может стать инновационной технологией для придания защитных свойств изделию и создания «интеллектуального текстиля» с заданными свойствами.

Действие эфирных масел обусловлено отпугивающим насекомых эффектом. Комары, клещи, мошки и пчелы просто не переносят запаха эфирных масел базилика, гвоздики, герани, тимьяна, литзеи, розмарина, чайного дерева, эвкалипта, цитронеллы [6, с.106].

Одним из основных показателей пригодности эфирных масел для использования в разрабатываемой системе является их способность растворять альфациперметрин и образовывать с ним эмульсию, устойчивую в течение длительного времени.

Оценка эффективности применения эфирных масел в качестве растворителя альфациперметрина приведена в табл.1. Все исследуемые эфирные масла растворяют АЦП при нагревании до 40 °С, при комнатной температуре в качестве растворителей рекомендуется использовать гвоздичное, лемонграсс и сосновое масла. Наиболее устойчивыми являются эмульсии на основе соснового, пихтового, розмаринового, эвкалиптового, мятного масел и масла чайного дерева.

Таблица 1.

Физико-коллоидные свойства эмульсий

Название масла	Удельная вязкость, $\eta$ уд.	Растворимость АЦП при температуре		Устойчивость, полученных эмульсий в течение 24 ч.
		20 °С	40 °С	
Облепиховое	55,28	-	+	Выпадение осадка
Пихтовое	0,56	-	+	Устойчива
Кедровое	14,56	-	+	Выпадение осадка
Сосновое	0,72	+	+	Устойчива
Лемонграсс	1,79	+	+	Выпадение осадка
Мятное	4,79	-	+	Устойчива
Шалфейное	7,41	-	+	Выпадение осадка
Гвоздичное	3,56	+	+	Выпадение осадка
Розмариновое	1,87	-	+	Устойчива
Чайного дерева	0,56	-	+	Устойчива
Эвкалиптовое	0,47	-	+	Устойчива

Наиболее однородными по размеру являются капсулы, полученные на основе масел розмарина, чайного дерева и мяты (Рис.1). В дальнейших исследованиях было использовано масло чайного дерева.



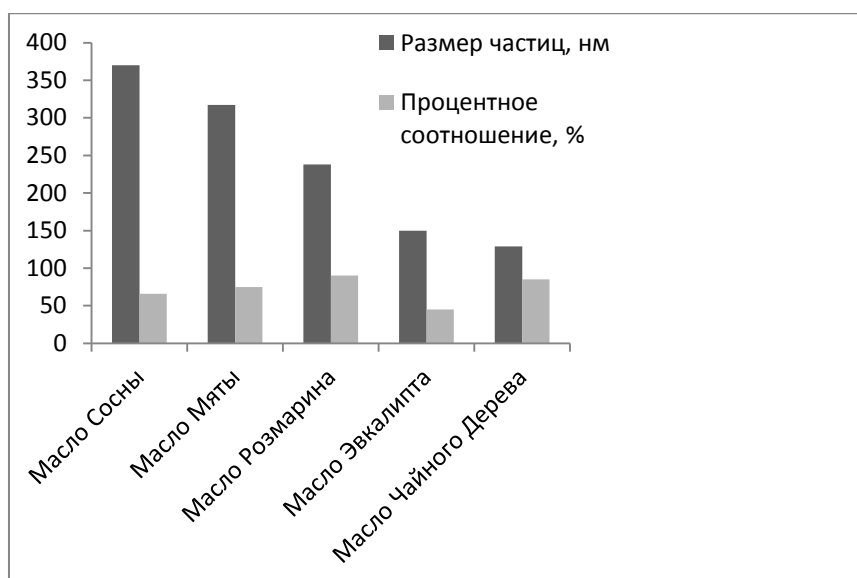
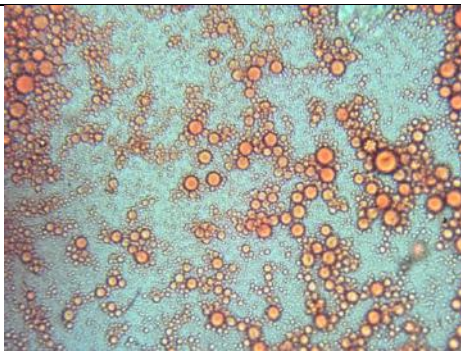
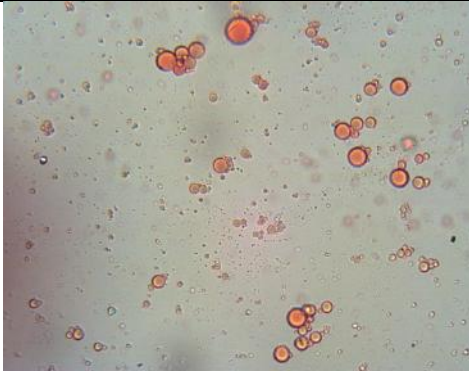
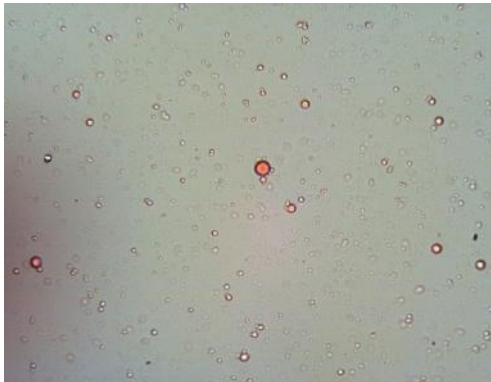


Рис 1. Исследование влияния масляных растворителей на размер получаемых в процессе капсулирования частиц

Для достижения большей стабильности эмульсий и более равномерного распределения нанокapsул по размерам проведено изучение влияния микродобавок органических нетоксичных веществ, вводимых в систему на стадии образования капсул. В результате экспериментов получены устойчивые капсулы с различной толщиной полиэлектролитной оболочки: бислойной и тетраслойной. В таблице 2 представлены фотографии капсулированных масел, выполненные с помощью электронного микроскопа.

Таблица 2.  
Электронно-микроскопическое изображение и размер капсулированных АРВ

№ п/п	Изображение и название	Размер частиц	Процентное соотношение
1	 <p>Капсулы с бислойной оболочкой при использовании масла чайного дерева и стабилизатора №1.</p>	38,25 173,6	4,7 95,3

2	 <p data-bbox="336 607 874 712">Капсулы с бислойной оболочкой при использовании масла чайного дерева и стабилизатора №2.</p>	<p data-bbox="1038 192 1145 394">0,027 9,765 128,2 676,6 1,2*10<sup>5</sup></p>	<p data-bbox="1305 192 1369 394">4,9 0,9 60,2 32,4 1,6</p>
	 <p data-bbox="300 1189 916 1294">Капсулы с тетраслойной полиэлектролитной оболочки на основе масла чайного дерева и стабилизатора №1.</p>	<p data-bbox="1038 761 1145 835">130,1 424,9</p>	<p data-bbox="1318 761 1356 835">83 17</p>

Форма полученных капсул не зависимо от природы стабилизатора и состава полиэлектролитной оболочки-шарообразная. Капсулы с бислойной оболочкой в присутствии стабилизатора №1, судя по фотографии, склонны к агрегации. Капсулы с тетраслойной оболочкой в присутствии стабилизатора имеют более 80% частиц размером 130,1 нм. Такая система оказалась достаточно устойчивой. Агрегативная устойчивость полученных составов на основе микрокапсул с введение органических микродобавок увеличивается в 5-10 раз по сравнению с обычными микроэмульсиями.

Разработанные составы наносили на целлюлозный текстильный материал, который обрабатывали послойно разноименно заряженными полиэлектролитами. Проведено определение остаточного количества альфа-циперметрина на текстильном материале после 5 стирок. Степень фиксации репеллента составляет 81-83%, и практически не зависит от времени термообработки. Использование метода послойного нанесения полиэлектролитов с внедренными в нанослой капсулами, обеспечивает эффективную иммобилизацию репеллентов на текстильном материале. Разработанная технология внедряется на предприятиях ООО «Объединение «Специальный текстиль» г. Шуя.

## ВЫВОДЫ

1. Определены наиболее устойчивые и эффективные для растворения альфациперметрина эфирные масла, способные усилить защитный эффект против насекомых.

2. Исследовано влияние различных по природе эфирных масел на однородность и размер полученных капсул. Высокая степень однородности частиц достигается при использовании эфирного масла чайного дерева, в качестве растворителя репеллента.

3. Посредством электронной микроскопии оценено влияние микродобавок органических стабилизаторов, введенных на стадии образования капсул и количества слоев полиэлектролитной оболочки, на их дисперсность и агрегативную способность. Максимальная однородность частиц при минимальном размере достигается при последовательном введении в состав микродобавки нетоксичного органического стабилизатора №1 для частиц с тетраслойной полиэлектролитной оболочкой.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кузьменко, В.А. Современное состояние и перспективы развития ароматной отделки текстильных материалов/ В.А. Кузьменко, О.И.Одинцова, А.И. Русанова, К.А. Малышева// Химия растительного сырья.- 2015.- № 1.- с.15-27.
2. Кузьменко, В.А. Свойства синтетических полиэлектролитов и перспективы их применения для отделки текстильных материалов / В.А. Кузьменко, А.И. Русанова, О.И. Одинцова // Журнал прикладной химии. – 2014. - Т.87. - № 9. - с.1191-1202.
3. Прохорова, А.А. Применение метода LAYER-BY-LAYER для иммобилизации акарицидных веществ на целлюлозных текстильных материалах./ А.А. Прохорова, О.И. Одинцова, Е.О. Авакова, В.А. Кузьменко // Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология 2016.-Т.59 (7).- с. 42-46.
4. Gomes, A.P. Layer-by-layer deposition of antibacterial polyelectrolytes on cotton fibres/ A.P. Gomes, J.F. Mano, J.A. Queiroz, I.C. Gouveia// J Polym Environ.-2012.- Vol. 20, № 4.-P. 1084-1094.
5. Golja, B. Fragrant finishing of cotton with microcapsules: comparison between printing and impregnation/ B. Golja, B. Sumiga, P.F. Tavcer//Coloration Technology . Society of Dyers and Colourists.-2013.- Vol. 129, № 5. -P. 338-346.
6. Rafael, L. Effects of Rosmarinus officinalis and Salvia officinalis essential oils on Tetranychus urticae Koch (Acari: Tetranychidae) / L. Rafael, M. Israel, G. Miguel // Ind Crop Prod . - 2013. – Vol. 48. - P. 106-110.

## **СОЮЗЛЕГПРОМ: НОВЫЙ ВЗГЛЯД УЧАСТНИКОВ ОТРАСЛИ НА ОРГАНИЗАЦИЮ ЦЕЛЕВОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ НАУКИ И ПРОИЗВОДСТВА.**

### **SOUZLEGPROM: A NEW VIEW OF INDUSTRY PARTICIPANTS FOR THE ORGANIZATION OF THE TARGET OF INTERACTION BETWEEN SCIENCE AND PRODUCTION.**

А.В. Разбродин  
A.V. Razbrodin

Российский Союз предпринимателей текстильной и лёгкой промышленности  
(СОЮЗЛЕГПРОМ), (Москва)  
The Russian Union of entrepreneurs of textile and light industries (SOUZLEGPROM), Moscow  
e-mail: info@souzlegprom.ru

Крупнейшее ежегодное конгрессно-выставочное отраслевое мероприятие «Российская неделя текстильной и легкой промышленности» с успехом прошедшее в 2016 и 2017 годах показало, что эффективная совместная деятельность научных коллективов и промышленных предприятий позволит существенно повысить конкурентоспособность отрасли.

В связи с этим все более актуальным становится вопрос о взаимодействии науки и промышленности, как с позиции заинтересованности предприятий в проведении научных работ, так и с точки зрения востребованности результатов исследований.

Научные коллективы предлагают новые интересные разработки, но как только дело доходит до внедрения или создания хотя бы опытного производства, вступает в действие «материально-финансовый фактор» и тема закрывается «до лучших времен», потому что одному предприятию, каким бы успешным оно не было, крайне сложно довести серьезный и емкий проект до реализации.

Существует и другой вариант, когда предприятия имеют средства на модернизацию или реконструкцию своего производства. Нужны специалисты, которые могут быстро и качественно выполнить проектные работы. Причем, не только инженеры-технологи, но и механики, энергетики, химики, строители и т.д. Далек не всегда силами одной научно-исследовательской или проектной организации возможно решить весь комплекс поставленных задач.

По сути, проблема сводится к координации действий. При этом, без поддержки государства в виде средств, выделяемых Минпромторгом на поддержку приоритетных отраслевых направлений исследований, реализация проектов, связанных с созданием инновационных материалов и технологий, практически не возможна.

В такой ситуации СОЮЗЛЕГПРОМ, обладающий наибольшими информационными ресурсами о производителях текстильной продукции и тематике научной деятельности в отрасли, а также возможностями взаимодействия с Правительственными структурами, РСПП, Советом Федерации и т.д., становится не только ассоциацией предпринимателей, но научно-производственным центром, позволяющим значительно повысить эффективность научных разработок и обеспечить внедрение результатов исследований.

Подобный подход к организации научно-технического сотрудничества позволит оперативно увязывать в единую структурную схему потребности производства и возможности науки. Причем, месторасположение заинтересованных в решении проблемы организаций на территории Российской Федерации, не имеет принципиального значения.

Еще одна проблема становится весьма важной в связи с увеличением выпуска технического текстиля и нетканых материалов – подотрасли, имеющей наибольшие перспективы в развитии отечественного легпрома.

Речь идет о создании системы оценки специфических, функциональных и эксплуатационных свойств технического текстиля, без которой обеспечение конкурентоспособности отечественной продукции не представляется возможным.

Как известно, каждая ассортиментная группа технического текстиля имеет свою номенклатуру показателей и технические требования, методы испытаний и контроля. Соответственно и испытательное оборудование имеет свои особенности. Опыт работы крупных европейских фирм по выпуску текстильного продукции свидетельствует о наличии единого испытательного центра с современными приборами, что позволяет представить потребителям полную информацию о показателях качества и эксплуатационных свойствах материалов. Зарубежные производители выигрывают конкурентную борьбу благодаря высокому качеству и разнообразию номенклатуры продукции, имея не только современное технологическое, но и испытательное оборудование, систему качества по ИСО 9000 и менеджмента качества по ИСО 10002, ИСО 10005, ИСО 10014 и ИСО 10019.

К сожалению, в России все исследования и испытания ведутся разрозненно, как на предприятиях, так и в научно-исследовательских центрах текстильного профиля. Устаревшее измерительное оборудование, стандарты на методы испытаний не позволяют отечественным производителям осуществлять тестирование продукции в соответствии с требованиями европейских ЕС и международных стандартов ИСО. Перечень контролируемых показателей ограничен и ориентирован, в основном, на испытания (исследования) бытового и домашнего текстиля.

В этих условиях необходима организация единого испытательного исследовательского центра под эгидой СОЮЗЛЕГПРОМа. Перспективы работы такого центра непосредственно связаны с дальнейшим развитием производства технического текстиля и нетканых материалов. Разнообразие способов производства, технологий изготовления, областей применения материалов, а также используемого сырья, создают дополнительные предпосылки для организации единого мощного испытательного исследовательского центра. Кроме того, возможности такого центра позволят проводить не только широкий спектр исследований технического текстиля и нетканых материалов, производимых отечественными предприятиями, но и оценивать качество импортной продукции, поступающей на российский рынок.

УДК: 67: 001(89)

### **НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КАК НЕОТЪЕМЛЕМЫЙ ФАКТОР ВНЕДРЕНИЯ ИННОВАЦИЙ (НА ПРИМЕРЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЗАВОДОВ НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ «ТЕРМОПОЛ», ХОЛЛОФАЙБЕР™)**

### **RESEARCH AS AN INTEGRAL FACTOR IN THE ADOPTION OF INNOVATIONS (ON THE EXAMPLE OF THE FACTORIES OF NONWOVEN MATERIALS «THERMOPOL», LLC, HOLLOWFIBER™).**

В.В. Иванов, Е.В. Мезенцева,  
V.V. Ivanov, E.V. Mezentseva,

ООО «Термопол» (Холлофайбер™, Москва)  
Company «Thermopol» (HOLLOWFIBER™, Moscow)  
E-mail: info@thermopol.ru

В статье экспертов компании «Термопол» (заводы нетканых материалов) рассматриваются вопросы долгосрочного взаимодействия с научным сообществом в России и за рубежом, проблемы

сотрудничества; отмечается значительная роль научных исследований в процессе проектирования и производства нетканых материалов Холлофайбер®.

**Ключевые слова:** исследования; испытания комплексного подхода к исследованиям нетканых материалов; завод «Термопол»; нетканые материалы; холлофайбер; текстильные инновации; технический текстиль; объемные нетканые материалы; взаимодействие с учеными; внедрение инновационных продуктов технического текстиля.

**In the report of experts of the company Thermopol, LLC addresses questions of long-term interaction with the research community in Russia and abroad. The problems of cooperation. There is a significant role of scientific research in the process of designing and manufacturing non-woven materials HOLLOWFIBER®.**

**Keywords:** research testing; an integrated approach to research; nonwovens; plant Thermopol; LLC unwoven materials HOLLOWFIBER®; textile innovation; technical textiles; three-dimensional nonwoven materials science thermoskanne for the production; interaction with scientists; innovative implementation.

*«Учитывая высокую конкуренцию среди отечественных и зарубежных производителей, приоритетными являются вопросы качества выпускаемых материалов»  
(из монографии «Проектирование, производство и методы оценки качества нетканых материалов», 2013).*

Сегодня очевидно, что создание новых продуктов, продуктов инновационных, с прорывными свойствами, продуктов высокотехнологичных – а именно за ними будущее! – немислимо без исследований, без научного подхода, без испытаний, системно проводимых для выявления всё новых и новых свойств и качеств продукции, которая продолжает быть незаурядной, а воспринимается как новация.

Появление и нынешний успех нетканых материалов Холлофайбер® стали возможными как результат комплексного системного научно-исследовательского подхода к внедрению инноваций. С первых лет развития проекта его организаторы заявляют, что «Холлофайбер® — это технология!», технология, основанная на результатах многочисленных и многолетних исследований и испытаний. На данный момент нет ни одного сертифицированного российского центра по испытаниям нетканых материалов, где бы не изучались различные свойства, особенности, качества и эксплуатационные характеристики Холлофайбер®. Ведущие зарубежные научные и исследовательские лаборатории провели с 2005 года десятки испытаний «российского нетканого феномена», который получил федеральное признание в таких наградных и премиальных формулировках как «уникальный продукт для армии», «стратегическая инновация», «стандарт отрасли» «эталонная продукция» и многих других.

Почему это стало возможным? Как по крупицам складывался этот высокотехнологичный продукт? Почему сегодня проект рассматривается не как «отраслевая цеховщина», а как мощная и слаженная система, в которой задействованы сотни отечественных и зарубежных предприятий и отраслевых экспертов, научных работников и исследователей, государственные органы и социальные структуры, лаборатории и волонтеры?

Анализируя роль и место нетканых материалов Холлофайбер® в контексте более чем десятилетия развития рынка нетканых утеплителей в РФ, можно утверждать, что во многом этот рынок сформировался благодаря прогрессивным инновациям «Термопол», которые опирались в первую очередь на научно-исследовательскую базу, результаты исследований и испытаний. Сегодня совершенно очевидно, что именно научная аргументация и те данные, которые первоначально формулировались теоретически, а затем получали подтверждение путём лабораторного тестирования и исследований, по крупице закладывали фундамент, на котором в наши дни базируются ключевые выводы в области применения и дальнейшего развития технического текстиля в РФ, признанного драйверным экономическим

направлением и включенным в «Стратегию<sup>1</sup> развития лёгкой промышленности до 2020 г.».

Например, синтетические утеплители в утеплённой зимней одежде стали возможны как факт, а не как эксперимент, именно в связи с инновационной деятельностью единственного на тот момент производителя высокотехнологичных нетканых материалов. Повсеместно заменить шерстяные, ватные, пухо-перовые и текстильные утеплители в одежде на синтетические утеплители впервые рискованно и смело предложили разработчики утеплителей и учёные, которые провели первые испытания и были немало удивлены результатами, наглядно и отчётливо демонстрировавшими, что новые нетканые материалы не только не уступают изделиям из привычных натуральных, но и по ряду параметров превосходят их, являются более экологичными, практичными, безопасными, долговечными, комфортными.

Именно научно-лабораторные исследования впоследствии легли в основу появления, стандартов, норм и ГОСТов, например, Национального стандарта «Одежда специальная для защиты от пониженных температур», или «Рекомендаций по применению нетканых материалов в малоэтажном строительстве», или «Норм оснащённости спальных пассажирских вагонов съёмным мягким имуществом», или «Одежда специальная для защиты от термических рисков электрической дуги» и многих других, где нетканые материалы выступали необычным, неведомым, неизученным «научным пластилином»<sup>2</sup>.

Более чем 10-летний<sup>3</sup> опыт даёт весьма интересную ретроспективную картинку роли научных исследований и лабораторных испытаний. Если в первые годы они требовались преимущественно для комплексного выявления и подтверждения базовых свойств и качеств, то в наши дни наука подталкивает нетканку к открытиям новых продуктов на уже сформировавшемся прочном фундаменте существующих внедрений. Что имеется в виду? Поясним: сегодня уже нет необходимости доказывать очевидное – то, например, что синтетический утеплитель может применяться в одежде для глубокого минуса; что нетканый наполнитель превосходно подходит для детской текстильной продукции, что он может и должен применяться в энергосберегающем строительстве и т.п. и т.д. А ведь ещё несколько лет назад требовались не только объяснения, что такие применения возможны, но и многоаспектные научные обоснования. И разумеется, они появлялись.

1). Можно сказать, что если бы не было научных исследований и лабораторных испытаний, то не было бы и доказанных свойств.

2). Можно предположить, что если бы не было доказанных свойств, то не было бы такого спектра появлений и внедрений нетканых материалов в наши дни.

3). Можно утверждать, что именно научные исследования и лабораторные испытания оказали влияние на развитие рынка нетканых материалов в современной России.

Развитие продукции под маркой Холлофайбер® с учётом научно-исследовательского подхода можно представить через два условных этапа:

---

<sup>1</sup> Приказ Министерства промышленности и торговли РФ от 24 сентября 2009 г. № 853 «Об утверждении Стратегии развития легкой промышленности России на период до 2020 года и Плана мероприятий по ее реализации»

<sup>2</sup> Яркое и правильное определение данное спикером «Термопол» на III Международном симпозиуме «Технический текстиль: мировой опыт и российские перспективы, «Techtextil Russia – 2008». Москва.

<sup>3</sup> Производственный проект «Термопол» основан в 2 апреля 2004 года.

**1 этап**  
(2004-2008 гг.)

Научно-исследовательский анализ,  
выявление свойств, качеств,  
эксплуатационных характеристик, базовое  
понимание продукции Холлофайбер®

**2 этап**  
(2008 – наст.вр.)

Инновационный этап, предполагающий  
базирование на полученных и  
принципиально новых научно-  
исследовательских подходах при  
конструировании инновационной продукции  
Холлофайбер®

Для 1 этапа особенно важным было научное осмысление инновационных материалов, которые рынку на тот период были совершенно неведомы, незнакомы, их воспринимали настороженно, интуитивно. Совершенно очевидно, что требовались весомые доказательства, аргументы.

Отметим ещё один немаловажный нюанс. Разумеется, нетканые материалы до появления Холлофайбер® были и активно продавались. Синтепон уже к началу 2000-х закрепился в потребительском сознании. Однако, как, в каком контексте закрепился? Вспомним: некачественный материал, дешевый, ненадежный, неиспытанный. Это общее определение ассоциировалось с «плохим материалом», утильной набивкой (от англ. padding polyester – «набивка полиэстеровая»). Синтепон был дешёвым аналогом натуральных наполнителей в связи с подходом «вторичного восприятия материала» (принцип безотходного производства), ведь очевидно, что при изготовлении синтетических волокон и нитей на производство синтепонов шла «полиэфирная выбраковка», т.е. то, что оставалось как брак или некондиция после выпуска основы для полиэфирных нитей. Многоаспектно исследовать синтепоны не решались производители – у них просто не было таких задач: минусы и недостатки, увы, были очевидны и без научных исследований. В таком контексте появление принципиально новых материалов Холлофайбер®, с новым подходом к анализу и выявлению свойств было предопределено негативным фоном, на котором, как на плодородной почве, расцвёл инновационный продукт.

Как любой продукт, находящийся в производственно-экономической системе, Холлофайбер® не стал «сувениром на рынке». Научно-исследовательская деятельность всегда была и остаётся элементом практического, прикладного интереса проекта. Все проведенные ранее и запланированные исследования имеют сугубо экономические предпосылки и не проводятся с позиций «чистая наука ради чистой науки». Холлофайбер® – это не только производственно-технологический, но и бизнес-проект. В этом контексте роль науки совершенно очевидна: взаимосвязь с производством носит исключительно внедренческий характер.

**Задачи**

Исследования/испытания/констатация  
качеств/выявление свойств

Сегодня ГОСТы, регламенты, технические условия, рекомендации внедряются, зачастую с, как говорят, «подачи» проекта «Термопол». Это традиция как раз и была заложена первыми научно-исследовательскими работами и испытаниями, которые, следует признать, основывались на морально и технологически устаревших подходах.

В конце 80-х - начале 90-х гг. производственно-экономический ландшафт кардинально изменился. Практически на два десятилетия фундаментальная наука «выпала» из сферы интересов и возможностей нетканой отрасли. Плановая экономика, которая ранее формировала спрос на научно-исследовательские работы для «синтетического текстиля», была отменена. А спонтанный рынок не требовал глубины проработки темы «технического текстиля». Нормативная база фактически была ликвидирована. До сих пор мы все расчищаем завалы научной, технологической и производственной разрухи 90-х. Государственный

**Целеполагание**

Выпуск продаваемой продукции  
(не только выпустить продаваемое, но и  
продать произведенное!)



механизм<sup>4</sup> поддержки запущен только сейчас, спустя более чем 10-летие после настоятельных призывов проекта «Термопол» «...ужесточать требования к качеству, вводить «правила игры» на рынке нетканых материалов, опираться на научные исследования и лабораторное тестирование материалов и конечной продукции!»<sup>5</sup>

В сотрудничестве с деятелями науки, исследователями, экспертами идет обновление стандартов в сфере проектирования, производства и методов оценки качества нетканых материалов. Появляющиеся испытания и научные исследования носят также характер «обучения потребителя и эксперта», открывают мир новых технологий и материалов. Не секрет, что в связи с кадровой проблемой в легпроме в наше время существенно снижен уровень технической и специализированной подготовки сотрудников и руководителей предприятий. Де-факто проект «Термопол» за годы производственной, внедренческой и исследовательской деятельности «вырастил рынок», подготовил целую плеяду специалистов, готовых развивать направление технического текстиля в РФ на принципиально новом уровне.

«Принцип ступеней», избранный для модификации продуктовых линеек Холлофайбер<sup>®</sup>, базируется на системном и комплексном научном подходе. Сегодня выпускается более 1000 разновидностей материалов для практически всех отраслей промышленности. Появление каждой отдельной разновидности оказывалось возможным после исследований и испытаний для серийного внедрения. Причем каждое испытание проводилось по инициативе и за счёт проекта «Термопол». И в этом, кстати, тоже заключается особая, «миссионерская роль» проекта в целом, которая ещё, надеемся, будет правильно оценена научным и экономическим сообществом, государством, потребителями.

Набор получаемых от ученых и исследователей количественных данных об особенностях Холлофайбер<sup>®</sup> в итоге формирует почву для норматива, ложится в его аргументную и аналитическую основу. Фактически, это и есть особенность научного мировоззрения, которое принимает и пропагандирует проект «Термопол» на формирующемся в РФ рынке нетканых материалов и в целом технического текстиля.

Передовые и проактивные методы анализа и выявления свойств и качеств Холлофайбер<sup>®</sup> не раз приводили к утверждению нормативов. Например, ещё в 2007 г. в Брюсселе были подтверждены уникальные свойства Холлофайбер<sup>®</sup> по международной классификации EN 533 (нераспространение пламени и сохранение свойств после многочисленных стирок при t<sup>0</sup>C свыше 75<sup>0</sup>C). Бельгийский научно-испытательный центр был выбран по единственной причине - в РФ не было таких лабораторий, оборудования, специалистов и специализации для проведения такого рода исследований и протоколирования. А за год до этого, в 2006 году, в Германии в текстильной научной лаборатории Hohenstein были впервые проведены испытания на абсолютную экологическую и гигиеническую безопасность Холлофайбер<sup>®</sup>. Связи проекта «Термопол» с западным научным и исследовательским миром привели в итоге к формированию целого исследовательского норматива и допусков нетканых материалов по свойствам, качествам и ключевым характеристикам для применения в том числе, например, в одежде для глубокого минуса (-60<sup>0</sup>C), в продукции для младенцев, в строительстве и т.д. и т.п.

Это был первый в РФ нетканый материал, получивший Сертификат международного признания Oeko-Tex standard 100 class 1 по показателям абсолютной гигиеничности и безопасности; первый отечественный утеплитель, который прошел европейскую сертификацию EN 533; первый нетканый материал, который получил парадоксальный знак «Лучшая ткань года»; первый материал, комплексно исследованный, испытанный и рекомендованный практически всеми ведущими лабораториями и центрами (ЦНИИ швейной

<sup>4</sup> Появилась внятная «Стратегия», при поддержке Правительства РФ организуются симпозиумы, форумы, конференции, поощряется и стимулируется взаимодействие науки и производства, приветствуются инновации и импортозамещение.

<sup>5</sup> Из выступления главного инженера ООО «Термопол» И.Ю.Немцова на международной конференции 2007 г., ВВЦ.

промышленности, НИИ медицины труда, НИИ нетканых материалов, НИИ строительной физики, ВПКТИМ «Испытательный центр мебели» и др.); первый утеплитель и наполнитель, рекомендованный в продукцию для новорожденных с возможностью применения даже в прямом соприкосновении с кожей; первый материал, рекомендованный для Особой климатической зоны (1Б, IV «Арктика») и даже для применения при температуре до  $-60^{\circ}\text{C}$ ! Это также первый материал, который превзошел по свойствам и качествам все поставляемые в РФ лучшие зарубежные разработки с ценой в 2–10 раз выше утеплителя Холлофайбер®; первый материал, который одобрили для применения силовые ведомства и нефтегазовые компании, предъявляющие повышенные требования к безопасности человека; первый материал в РФ, изменивший представление о синтепоне и вообще о том, каким должен быть синтетический утеплитель и наполнитель в конечной продукции; первый материал, ставший основой для разработок пламястойких российских утеплителей Холлофайбер® — ТЭК; первый материал, альтернативно пришедший на смену поролону, кокосу, синтепону, ватину, шерсти; первый отечественный утеплитель, вытеснивший сомнительную зарубежную синтетику. Таким образом, быть и оставаться первым — это технологическое и маркетинговое лидерство Холлофайбер®, заявленное, наверное, в каждом информационном послые «Термопол»: быть на шаг впереди, не опаздывать, быть раньше других в новых технологических решениях.

Нетканые материалы Холлофайбер® испытывались не только камеральными и теоретическими методами (как некоторые другие материалы), а на волонтерах и лабораторных животных в рамках токсикологической экспертизы. Холлофайбер® изучался через ингаляционное, сенсibilitивное (аллергическое) воздействие, кожно-раздражающее и кожно-резорбтивное (всасывание в кровь) действие, а также влияние на слизистые оболочки глаз. Результат испытаний — безопасность и безвредность современной инновационной синтетики Холлофайбер®.

Напомним, что при отборе нетканых материалов Холлофайбер® для применения в космической отрасли, на Международной орбитальной станции МКС, продукция завода «Термопол» изучалась, исследовалась и тестировалась по следующим санитарно-химическим параметрам методами газовой хроматографии и хроматомасс-спектрометрии на 1,4-бутандиол, этилен, ацетальдегид, ацетон, бензальдегид. Холлофайбер® оказался уникальным безвредным и безопасным материалом, который полностью соответствует высочайшим требованиям отбора материалов для применения в аэрокосмической промышленности. КБ, разрабатывавшее и внедрявшее изделия с материалами Холлофайбер®, выразило благодарность заводу «Термопол» за внедрение отечественного продукта с такими высокими гигиеническими и экологическими свойствами и показателями практичности, а также лёгким весом.

На традиционной встрече с журналистами и текстильными экспертами в 2013 году, которая, кстати, ежегодно проходит к Дню основания проекта «Термопол» (2 апреля), был впервые представлен «Выборочный список инноваций, внедрений, испытаний, тестов, исследований и сертификаций нетканых материалов Холлофайбер®».

В него вошли результаты многолетних комплексных испытаний ведущих отечественных и зарубежных лабораториях, научных институтах, сертификационных организациях, корпоративных исследовательских центрах (до 100 организаций!). В «Выборочный список» вошла информация о 289 (!) испытанных пунктах свойств, качеств и характеристик нетканых материалов. Среди них: состав материалов, особенности их выпуска, физико-механические и гигиенические свойства, экологические и органолептические данные.

За многие годы специалисты «Термопол» в сотрудничестве с учёными и исследователями создали действительно лучший российский нетканый материал. На данный момент ему нет аналогов в стране ни по свойствам и качествам, ни по цене, позволяющей существенно снизить затраты на производство готовых изделий отечественных товаропроизводителей. В России нет нетканых утеплителей и наполнителей, которые

прошли бы такую многолетнюю и многоаспектную серию испытаний, исследований, тестов. По многим качественным, физико-механическим и эксплуатационным показателям Холлофайбер® превзошел лучшие зарубежные разработки и даже лёг в основу для многочисленных «импортных реплик» (пр-ва Германии, Китая, Беларуси и др.).

Следует заметить, что значительная часть продукции на рынке нетканых материалов сегодня реализуется без опытных и лабораторных предварительных испытаний. Дело в том, что нетканые материалы — это такой класс продукции, который по российскому законодательству не требует обязательной сертификации от производителей и поставщиков. Этим пользуются недобросовестные участники рынка, декларируя несуществующие в их продукции свойства и качества. В связи с тем, что нетканые материалы почти всегда находятся внутри изделий (мебель, одежда, строительные конструкции и т.п.), качество проявляет себя в процессе эксплуатации и, увы, зачастую разочаровывает потребителя, ставшего жертвой обмана. В рекламных декларациях недобросовестных компаний появляются контрафактные заявления, в основе которых лежат пиратски заимствованные описания сертифицированных нетканых материалов Холлофайбер®.

Очевидно, что не все нетканые материалы «работают» одинаково. Даже идентичное сырьё, применяемое в производстве нетканых материалов, не может обеспечить идентичности готовых утеплителей и наполнителей. Технологические особенности производства «Термопол» уникальны. Все появляющиеся заявления о материалах «типа холлофайбер», «аналог холлофайбера», «заменитель холлофайбер» являются безосновательными и, как правило, строятся на каком-либо одном подобранном или случайно совпадающем свойстве, а не на комплексе свойств, качеств и эксплуатационных характеристик, которые гарантирует производитель материалов Холлофайбер®.

Наверное, все споры о том, какие материалы лучше, а какие хуже — нерепрезентативны и напоминают не требующий комментариев разговор владельца Mercedes-Benz с другими автолюбителями: «В моей машине реализованы десятки патентов, а сколько патентов реализовано в ваших автомобилях...»

Сегодня «Термопол» взаимодействует на договорной или проектной основе с МГУ имени М.В.Ломоносова, РГУ имени А.Н.Косыгина, Институтом бизнеса и дизайна, Костромским государственным университетом, Казанским технологическим университетом, Военным клиническим госпиталем имени Н.Н.Бурденко, НИИ нетканых материалов, ЦНИИ швейной промышленности, НИИ медицины труда, СКС «ШЕЛК», центром «Газпромбезопасность», «Центральной нормативно-технической лабораторией Федеральной службы исполнения наказаний» и многими другими российскими и зарубежными научными, исследовательскими и испытательными центрами.

Уникальные разработки в области композиционных материалов на основе нетканых полотен носят прогрессивный характер (утепление трубопроводов, создание новых типов мебели, интерьерных изделий, деталей многофункциональных установок и т.п.).

На фоне явных успехов сотрудничества проекта «Термопол» с научной, исследовательской и образовательной средой есть множество проблем. Главные из них – сложности коммуникации и осмысления задач. Увы, наука слабо решает современные прикладные задачи<sup>6</sup>, а непреодолимыми препятствиями являются: 1) разрозненность, неплановость, несистемность работ; 2) оторванность научного мира от реальных задач производителей; 3) иллюзорность, «космизм» научных инициатив, невозможность внедрения с учётом технологических ресурсов.

Так ожидать ли от науки готовых решений сегодня?

Есть ли «рецептуры счастья» для производителей нетканых материалов?

---

<sup>6</sup> Очевидно, что это не прямая задача науки, но производители хотят видеть решения, способные повлиять на экономические показатели, и это вполне естественное стремление.

**ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА  
НЕТКАНОЙ ОСНОВЕ В ГРАЖДАНСКИХ СЕКТОРАХ ЭКОНОМИКИ РОССИИ**

**THE RATIONALE FOR THE USE OF COMPOSITE MATERIALS NON-WOVEN  
FABRIC IN THE CIVILIAN SECTORS OF THE RUSSIAN ECONOMY**

Ю.М. Трещалин  
Y.M. Teschalin

Комитет нетканых материалов и изделий из них Российского Союза предпринимателей  
текстильной и лёгкой промышленности (СОЮЗЛЕГПРОМ), (Москва)  
The Committee of nonwoven materials and products of the Russian Union of entrepreneurs of  
textile and light industries (SOUZLEGPROM) (Moscow)  
E-mail: antropog@yandex.ru

**В статье дается технико-экономическое обоснование производства изделий целевого назначения из композитов на нетканой основе применительно к гражданским секторам экономики России. Предложены технологические проекты изготовления листовых однослойных и многослойных изделий, защитных оболочек, теплоизоляционных блоков, труб и опор.**

**Ключевые слова:** нетканый материал; композит; технологический процесс.

**The article provides a feasibility study of the production target purpose composite non-woven fabric applied to the civilian sectors of the Russian economy. The proposed technological projects of manufacturing a sheet of single layer and multilayer products, protective shell, insulation blocks and pipe supports.**

**Keywords:** nonwoven material; composite; process technology.

Термин «мягкая арматура» как характеристика нетканых полотен успешно входит в лексикон строителей и технологов-текстильщиков. Во многом это связано с высокими прочностными свойствами нетканых материалов, их низкой себестоимостью по сравнению с тканью, трикотажем и плетеными изделиями, а также эффективно действующими отечественными предприятиями с различными технологическими возможностями, позволяющими регулировать свойства армирующей основы для получения композитов целевого назначения.

Применение нетканых материалов для изготовления композитов позволяет реализовать различные варианты их целевого применения. При этом в зависимости от назначения и физико-механических характеристик нетканой основы достигаются необходимые свойства изделий [1, 2].

Следует особо остановиться на волокнистом составе. Конечно, применение углеродных, базальтовых или стеклянных волокон более эффективно с точки зрения прочности композитов. Однако, не всегда экономически оправдано их применение, например, в строительстве или жилищно-коммунальном и бытовом хозяйстве. Поэтому представляется целесообразным использовать в указанных сферах деятельности композиционные материалы, структурными элементами которых являются химические волокна.

Предполагая промышленное производство, разработаны технологические проекты и проведен технико-экономический анализ изготовления пластин, защитных оболочек в виде скорлуп, теплоизоляционных блоков и труб различного назначения.

С точки зрения получения высококачественных изделий и увеличения производительности, наиболее эффективным представляется применения метода вакуумной пропитки основы.

При изготовлении пластин, однослойных и многослойных плоских изделий, а также эластичных влагостойких покрытий, включает плоское, расположенное горизонтально, основание (цулага), на котором размещаются образцы основы и элементы вакуумного мешка. Образцы изделий и общий вид установки для пропитки основы связующим или влагоотталкивающими жидкими клеящими веществами представлен на рис. 1, 2.

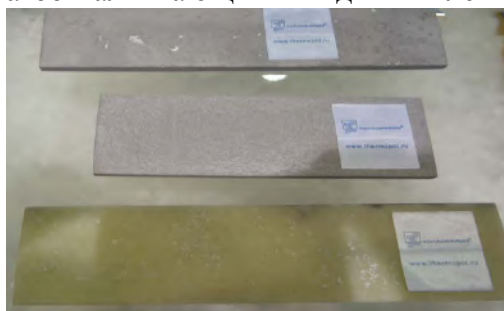


Рис. 1. Образцы пластин из композитов на нетканой основе

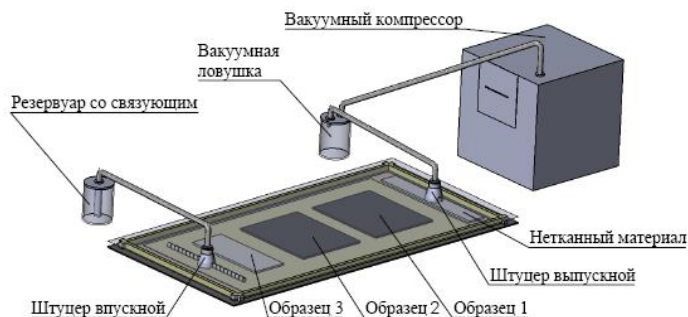


Рис. 2. Устройства для изготовления листовых изделий методом вакуумной пропитки

Затраты на изготовление панелей, площадью  $1 \text{ м}^2$ , находятся в интервале 54,87 – 92,21 руб/ $\text{м}^2$  в зависимости от цены компонентов связующего и поверхностной плотности, волокнистого состава, производителя нетканых полотен. Сравнительный анализ показал, что затраты на разработанные композиты в 2 – 10 раз ниже по отношению к листовым материалам (древесностружечным, гипсоволокнистым, цементностружечным, фиброцементным), используемым в настоящее время. Наиболее близким по цене к композитам на нетканой основе является гипсокартонный лист. Кроме того, обращает на себя внимание влагопоглощение: если применяемые листовые изделия впитывают более 10 % влаги, то поглощательная способность разработанных изделий не превышает 1 %.

Особо хотелось бы обратить внимание на пластины из композиционных материалов на углеволокнутой основе. Например, в настоящее время в продаже имеются углеродные пластины со следующими характеристиками: размер:  $150 \times 200 \times 1$  мм, двунаправленная, без отделки. Цена такого изделия 884 руб. Аналогичная пластина размером  $1000 \times 1000 \times 3$  мм. стоит 146897 руб.

При серийном производстве защитных оболочек магистральных трубопроводов типа «скорлупа» из композиционных материалов также применяется метод вакуумной пропитки. Образцы изделий и общий вид устройства представлен на рис. 3, 4.



Рис. 3. Образцы защитных оболочек из композитов на нетканой основе

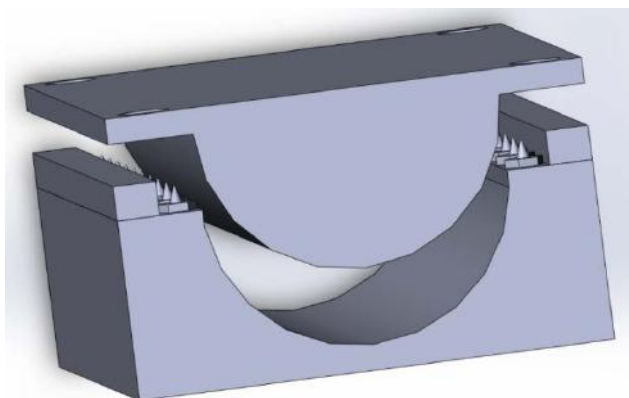


Рис. 4. Устройства для изготовления защитных оболочек

Диаметр окружностей формы и пуансона имеет размеры, определяемые диаметром трубы с учетом тепло-гидроизоляции. Ширина бортиков определяется способом соединения (крепления) двух защитных оболочек между собой (винтовое соединение, скобы, струбцины и т.п.).

Теплоизоляционные блоки из композитов на нетканой основе наиболее выгодно изготавливать методом самопроизвольного впитывания. Образцы изделий и общий вид устройства представлен на рис. 5, 6.



Рис. 5. Образец теплоизоляционного блока из композитов на нетканой основе

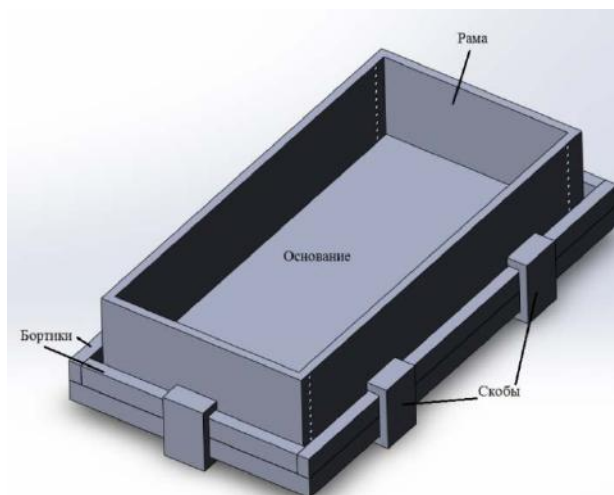


Рис. 6. Устройство для изготовления теплоизоляционных блоков

Пропитка основы может осуществляться либо связующим на базе полиэфирных смол, для придания механической прочности изделиям, либо влагостойкими клеящими веществами для создания эластичных поверхностей. Если требуется иметь одну из поверхностей прочной, а другую эластичной, используется комбинированный вариант, когда применяются связующее на базе полиэфирных смол и водостойкие клеящие вещества.

Учитывая крайне незначительное водопоглощение (менее 1 %) композиционные материалы на нетканой основе весьма эффективны для внедрения при производстве различного рода водопроводных труб технического назначения, например, дренажных, или опор, применяемых при строительстве зданий и сооружений, креплении осветительной арматуры на улицах населенных пунктов и т.п. (рис. 7, 8). Изготовление таких изделий предполагается методом намотки с последующей вакуумной пропиткой основы связующим.



Рис. 7. Образцы труб из композитов на нетканой основе



Рис. 8. Образец четырех секционной опоры из композитов на нетканой основе

Затраты на изготовления образца, длина которого 0,205 м, внутренний диаметр 0,25 м и толщина стенки 0,003 м, составляет 12,55 руб. При длине такой трубы 1 м, затраты составят  $12,55 \cdot 5 = 62,75$  руб. В качестве сравнения: 1 метр медной трубы, диаметром 22 мм и толщиной стенки 1 мм стоит около 300 руб, а полипропиленовой, такого же диаметра - около 80 - 90 руб. Таким образом, трубы из композитов на нетканой основе на 30% дешевле аналогичных полипропиленовых изделий, а по отношению к металлическим трубам затраты на разработанные материалы ниже в 3 – 5 раз.

Ниже, в табл. 1, представлены цены на различные трубы из композитов.

Таблица 1.

Цены на трубы различных размеров из композиционных материалов

Марка трубы	Диаметр, мм	Материал	Цена, руб/м
РОСТР SN8	Внутренний, 200	Полипропилен	1003
РОСТР SN8	Внутренний, 250	Полипропилен	1501
Pestan	Наружный, 160	Полипропилен	385
Pestan	Наружный, 227	Полипропилен	875
ПП	Внутренний, 25	Полипропиленовые, армированные стекловолокном	80
ПП	Внутренний, 50	Полипропиленовые, армированные стекловолокном	309
ПП	Внутренний, 63	Полипропиленовые, армированные стекловолокном	504

Сопоставляя характеристики опор (столбов освещения), устанавливаемых в Москве и Московской области, предлагаемый вариант четырехсекционной конструкции из композиционного материала выгоднее по цене (в 1,5-2,5 раза дешевле), массе, условиям транспортирования и трудозатратам по отношению к железобетонным (реальная себестоимость 8-метровой четырех секционной опоры составляет не более 3500 руб при массе 23-25 кг).

Таким образом, изготовление прочных и относительно дешевых изделий целевого назначения из композитов на нетканой основе применительно к гражданским секторам



экономики России, может рассматриваться как один из прорывных проектов, способствующих импортозамещению, расширению сферы применения и ассортимента нетканых полотен отечественных производителей.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Трещалин Ю.М. Обоснование применения нетканых полотен для производства композиционных материалов на текстильной основе: дис... канд. техн. наук / Ю.М. Трещалин. – Кострома, 2013. – 166 с.
2. Трещалин Ю.М. Композиционные материалы на основе нетканых полотен: монография / Ю.М. Трещалин. - М.: Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, 2015.- 220 с.

УДК 677.026.422

### **ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ**

### **DESIGN AND DEVELOPMENT OF NONWOVEN MATERIALS FOR USE IN ROAD CONSTRUCTION AND INSULATION**

М.Ю. Трещалин  
M.Yu. Teschalin

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

Представляя материал как сплошную среду, имеющую волокнистую структуру и капиллярно-пористое строение, предложен аналитический метод определения физико-механических характеристик и эффективного коэффициента теплопроводности в зависимости от плотности нетканых полотен с учетом условий эксплуатации при использовании в качестве геотекстильной прослойки в дорожной насыпи и теплоизоляции инженерных коммуникаций и сооружений.

**Ключевые слова:** нетканый материал; сплошная среда; плотность; геотекстиль; пористость; деформация; теплоизоляция; коэффициент теплопроводности.

**In presenting the material as a continuous medium having a fibrous structure, and capillary-porous structure, proposed an analytical method for determining the physical and mechanical characteristics and the effective thermal conductivity depending on the density of non-woven fabrics with a light duty when used as a geotextile layer in road embankment and thermal insulation engineering services and structures.**

**Keywords:** non-woven material; a continuous medium; the density; geotextiles; porosity; deformation; thermal insulation; thermal conductivity.

Нетканые материалы представляют волокнистые системы, в которых хаотично расположенные волокна соединены между собой механическим, физико-химическим или комбинированным способами. Такие изделия обладают высокими прочностными свойствами, а достаточно простая и экономичная технология их изготовления позволяет использовать для их изготовления разнообразный волокнистый состав.

Расчет физико-механических и теплофизических параметров целесообразно проводить, представляя нетканое полотно как вязкоупругую сплошную среду, имеющую пористое строение и волокнистую структуру.

Изменение характеристик высокопористых сред, к которым относятся волокнистые материалы, в результате внешних воздействий можно с достаточной для практических расчетов точностью представить в виде степенной зависимости:



$$F(x) = K \cdot x^n \quad (1)$$

где:  $F(x)$  – целевая функция;  $x$  – характерный параметр материала (например: плотность, деформация и т.д.);  $K, n$  – коэффициент пропорциональности и показатель, характеризующий степень нелинейности функции, соответственно.

Граничные условия формулируются следующим образом: в диапазоне изменения  $0 \leq x \leq 1$  значение  $x = a$  соответствует величине  $F(x) = F(x)_{\min}$  и  $x = b$  имеет место в случае  $F(x) = F(x)_{\max}$  (рис. 1). Задача состоит в том, чтобы найти такую функцию вида (1), которая обеспечила бы выполнение изложенных требований.

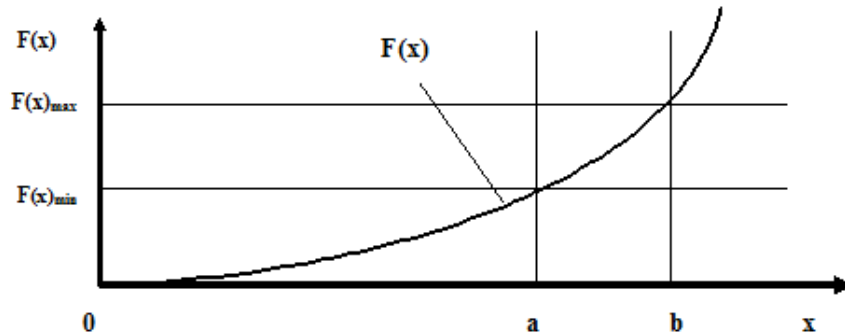


Рис. 1. Общий вид искомой функции  $F(x)$

Для решения задачи используется метод штрафных функций. Определение штрафной функции по  $x$  производится таким образом, чтобы в интересующем интервале от  $a$  до  $b$  она была равна нулю, а за пределами интервала возрастала [1]:

$$F(x) = \begin{cases} 0, & \text{при } a \leq x \leq b \\ (x - b), & \text{при } x \geq b \\ (a - x), & \text{при } x \leq a \end{cases}$$

С целью определения неизвестных  $K$  и  $n$  следует минимизировать разность между искомой функцией (1), которую можно представить в виде  $K \cdot Z^n = K \cdot e^{n \cdot \ln(Z)}$ , и некоторой штрафной функцией  $f(Z)$ . Для обеспечения положительной разности между указанными функциями в каждой точке по  $Z$  используется метод средних квадратичных отклонений:

$$\int_0^A [K \cdot Z^n - f(Z)]^2 dZ = I(K, n)$$

Необходимым условием достижения минимума разности функций является равенство нулю первой производной  $I(K, n)$  по параметрам  $K$  и  $n$ :

$$\frac{\partial I}{\partial K} = 2 \cdot \int_0^A [K \cdot Z^n - f(Z)] \cdot Z^n dZ = 0 \quad (2)$$

$$\frac{\partial I}{\partial n} = 2 \cdot \int_0^A [K \cdot Z^n - f(Z)] \cdot K \cdot \ln(Z) \cdot Z^n dZ = 0 \quad (3)$$

Последовательно интегрируя (2) и (3) имеем:

$$\begin{aligned} & \int_0^a [K \cdot Z^n - (a - Z)] \cdot Z^n dZ + \int_a^b [K \cdot Z^n - f(Z)] \cdot Z^n dZ + \int_b^1 [K \cdot Z^n - (Z - b)] \cdot Z^n dZ = \\ & = \frac{K}{2 \cdot n + 1} - \frac{1}{(n + 1) \cdot (n + 2)} \cdot [a^{n+2} + n \cdot (1 - b) + (1 - 2 \cdot b) + b^{n+2}] = 0 \end{aligned}$$

$$\int_0^a [K \cdot Z^n - (a - Z)] \cdot \ln(Z) \cdot Z^n dZ + \int_a^b [K \cdot Z^n \cdot Z^n \cdot \ln(Z)] dZ + \int_b^1 [K \cdot Z^n - (Z - b)] \cdot \ln(Z) \cdot Z^n dZ$$

$$= \frac{K \cdot a^{n+2}}{(2 \cdot n + 1)^2} \cdot [(2 \cdot n + 1) \cdot \ln(a) - 1] - \frac{a^{n+2}}{(n + 1)^2} \cdot [(n + 1) \cdot \ln(a) - 1] + \frac{a^{n+1}}{(n + 2)^2} \cdot [(n + 2) \cdot \ln(a) - 1] + \frac{K}{(2 \cdot n + 1)^2} \cdot \{[(2 \cdot n + 1) \cdot [b^{2 \cdot n + 1} \cdot \ln(b) - a^{2 \cdot n + 1} \cdot \ln(a)] - [b^{2 \cdot n + 1} - a^{2 \cdot n + 1}]]\} +$$

$$+ \frac{K}{(2 \cdot n + 1)^2} \cdot \{b^{2 \cdot n + 1} \cdot [1 - (2 \cdot n + 1) \cdot \ln(b)] - 1\} + \frac{1}{(n + 2)^2} \cdot \{b^{n+2} \cdot [1 - (n + 2) \cdot \ln(b)] - 1\} +$$

$$+ \frac{b}{(n + 1)^2} \cdot \{b^{n+2} \cdot [1 - (n + 1) \cdot \ln(b)] - 1\} = 0$$

После преобразований получено трансцендентное уравнение для определения n:

$$\frac{1}{n + 1} \cdot \{b^{n+1} \cdot [1 - (n + 1) \cdot \ln(b)] - b - a^{n+1} \cdot [1 - (n + 1) \cdot \ln(a) - 1]\} + \frac{1}{(n + 1)^2} \cdot \{a^{n+2} \cdot [(n + 2) \cdot \ln(a) - 1] - b^{n+2} \cdot [1 - (n + 2) \cdot \ln(b)] + 1\} -$$

$$- \frac{1}{(2 \cdot n + 1) \cdot (n + 1) \cdot (n + 2)} \cdot [a^{n+2} + n \cdot (1 - b) + (1 - 2 \cdot b) + b^{n+2}] = 0 \quad (4)$$

Расчет значения K производится по следующей формуле:

$$K = \frac{(2 \cdot n + 1)}{(n + 1) \cdot (n + 2)} \cdot [a^{n+2} + n \cdot (1 - b) + (1 - 2 \cdot b) + b^{n+2}] \quad (5)$$

Решение уравнений (4) и (5), проводится с учетом (1), записанного для максимального и минимального значений функции F(x), в виде:

$$\ln F(x)_{\max} = \ln(K) + n \cdot \ln(b) \quad (6)$$

$$\ln F(x)_{\min} = \ln(K) + n \cdot \ln(a) \quad (7)$$

Численные значения n, K, a и b определяются из совместного решения уравнений (4) - (7) при известных  $F(x)_{\max}$  и  $F(x)_{\min}$ , определяемых из условий эксплуатации материала.

Зависимости (4) - (7) позволяют провести расчет физико-механических параметров геотекстильного материала, используемого при строительстве транспортных магистралей.

Одним из основных условий качественного функционирования геотекстильной прослойки, являющейся одним из слоев дорожной одежды, является обеспечение дренажа грунтовых и дождевых вод. Для этого материал, расположенный в насыпи, должен иметь пористость, равную пористости применяемого для отвода избыточной влаги, речного песка  $\xi_0 = 0,36 \div 0,46$  при максимальном давлении на дорожное покрытие[2]. Тогда уравнение (1) будет иметь вид:

$$P(\epsilon) = K \cdot \epsilon^n \quad (8)$$

где: P(ε) – внешнее давление на материал; ε – объемная деформация материала.

Граничные условия:

$$P(x) = \begin{cases} 0, & \text{при } a \leq \epsilon \leq b \\ (\epsilon - b), & \text{при } \epsilon \geq b \\ (a - \epsilon), & \text{при } \epsilon \leq a \end{cases}$$

Соответственно в уравнениях (4) - (7) следует считать:

$$x = \epsilon = b \text{ при } F(x)_{\max} = P_{\max}; \quad x = \epsilon = a \text{ при } F(x)_{\min} = P_{\min}.$$

С учетом изложенного, начальная пористость материала определится:

$$\xi_0 = \xi \cdot (1 - \epsilon) + \epsilon = 0,36 \cdot (1 - b) + b$$

где: ε = b – объемная деформация при P = P<sub>max</sub>; ξ = 0,36 – пористость при ε = b.

При минимальном давлении пористость материала ξ<sub>a</sub> при ε = a:

$$\xi_a = (\xi_0 - a)/(1 - a)$$

где: ε = a – объемная деформация при P = P<sub>min</sub>.

Диапазон изменения модуля упругости геотекстильной прослойки  $E = dP/d\varepsilon$  соответствие с (8) при давлениях:  $P = P_{\min}/E_a = n \cdot K \cdot a^{(n-1)}$  и  $P = P_{\max}/E_b = n \cdot K \cdot b^{(n-1)}$ .

Решение уравнений (4) – (7) с учетом вышеприведенных уточнений, проводилось применением программного комплекса MATCAD. Анализ результатов позволяет произвести качественную и количественную оценку требуемых параметров волокнистых материалов в зависимости от внешней нагрузки. Из физических соображений следует, что в области значений  $n < 1$ , величина  $(dE/d\varepsilon) < 0$ . Это условие соответствует уменьшению упругих свойств среды с ростом напряжений, что характерно для материалов, претерпевающих в процессе нагрузки необратимые изменения структуры (например, фазовый переход воды в лед и т.п.).

Случай  $n = 1$  определяет среду, имеющую идеальную упругость, что не соответствует реальному поведению волокнистых материалов под нагрузкой. Также не возможно изготовить нетканые полотна, имеющие  $E_a \gg 1$ . Следовательно, диапазон внешних нагрузок, определяемый величинами отношения  $(P_{\min}/P_{\max}) < 0,1$  не приемлем для эффективного использования текстильных изделий.

В диапазоне нагрузок  $0,2 \leq (P_{\min}/P_{\max}) \leq 0,4$  значения  $n$  находятся в пределах от 2,2 до 2,4 (если принять на этом участке среднее  $n = 2,3$ , то относительная погрешность расчетов составит 4,2 – 4,6%). Величина  $K$  варьируется от 0,6 до 0,75 МПа. При использовании в расчетах среднего значения  $K = 0,675$  МПа, погрешность не превышает 10%.

С целью определения местоположения геотекстильной прослойки в дорожной одежде, проведен расчет напряжений, возникающих в насыпи вследствие нагрузки со стороны автотранспорта на дорожное покрытие. При этом использованы исходные данные и традиционные варианты конструкции дорог автомагистралей III и II категории (табл. 1).

Таблица 1.

Конструкции дорожной одежды и земляного полотна автомагистралей III и II категории

№	Конструкция дорожной одежды и земляного полотна	Толщина слоя, мм.	Плотность $\gamma$ , кг/м <sup>3</sup>
Автодорога III категории. Ширина дорожного покрытия – 7 м.			
1.	Цементное покрытие	240	2400
2.	Гравийно-песчаная смесь, укрепленная 10 % цемента	180	2200
3.	Грунт земляного полотна – легкий пылеватый суглинок	-	1810
Автодорога II категории. Ширина дорожного покрытия – 7 м.			
1.	Покрытие:		
1.1.	верхний слой – песчаный асфальтобетон	50	2300
1.2.	нижний слой – крупнозернистый асфальтобетон	60	2400
2.	Основание:		
2.1.	верхний слой – щебень, обработанный битумом	80	1800
2.2.	нижний слой – грунт, укрепленный цементом и шлаком	200	1900
3.	Подстилающий слой – кондиционный песок	0	1600
4.	Грунт земляного полотна – легкий пылеватый суглинок	-	1810

При решении задачи приняты следующие условия и допущения:

- для испытаний дорожной одежды применяют автомобиль МАЗ - 503А с нагрузкой на ось 54,9 кН и давлением на покрытие 0,72 МПа;

- расчет напряжений, возникающих в дорожной насыпи, производится в условиях статического сжатия;

- рассматривается сжатие изотропного тела. При этом направление сжатия (по нормали к дорожному покрытию) является главной осью тензора напряжений  $\tau_{xy} = \tau_{yx} = \tau_{yz} = \tau_{xz} = \tau_{zx} = \tau_{zy} = 0$

Исходя из симметрии относительно оси, проходящей через середину колеи, граничные условия формулируются следующим образом (рис. 2):

1.  $\sigma_{xx} = \sigma_{yy} = \sigma_{xy} = 0$ ; при:  $y = 0$ ;  $0 \leq x \leq [L/2 - L_1]$ ;
2.  $\begin{cases} \sigma_{yy} = P \\ \sigma_{xx} = \sigma_{xy} = 0 \end{cases}$  при:  $y = 0$ ;  $[L/2 - L_1] \leq x \leq [L/2 - L_2]$ ;
3.  $\sigma_{xx} = \sigma_{yy} = \sigma_{xy} = 0$ ; при:  $y = 0$ ;  $[L/2 - L_2] \leq x \leq [L/2 - L_5]$ ;

4. На внутренних границах условие непрерывности перемещений, т.е. нормальная составляющая, передается непрерывно:

$$\begin{cases} \sigma_{y1} = \sigma_{y2} \\ x = 0 \end{cases} \quad \text{- условия симметрии.}$$

$$x = [L/2 - L_5] = 1,55 \text{ м.}$$

где:  $L$  – ширина дорожного покрытия, м;

$L_5$  – ось симметрии относительно нагрузки на дорожное покрытие со стороны автотранспорта;

$P$  – давление на дорожное покрытие, создаваемое колесом автомашины.

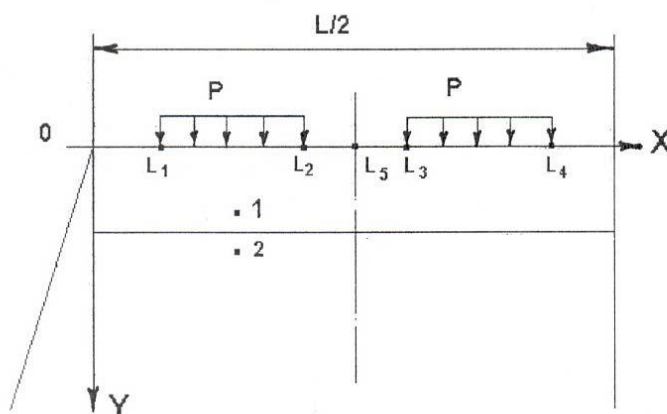


Рис. 2. Схема нагрузки на дорожное покрытие со стороны автотранспорта

При расчете напряженно-деформированного состояния насыпи использовался метод дискретных математических моделей (ДММ). Разностные схемы метода ДММ реализованы в программном комплексе TRENER, позволяющем решать широкий круг задач динамики грунтов и сооружений.

Результаты расчета поля уровней напряжений по толщине дорожной насыпи, обусловленных нагрузкой на дорожное покрытие со стороны автотранспорта, позволяют сделать следующие выводы и предположения:

1. Анализ поля уровней напряжений в насыпи для конструкций дорожной одежды II и III категорий автодорог показывает, что значения  $\sigma_{RR} = \sigma_{ZZ} = P$ . Это равенство, имеющее место, по видимому, вследствие большого количества тонких слоев разнородных материалов, позволяет утверждать, что геотекстильная прослойка, независимо от глубины ее расположения, будет испытывать только изотропные нагрузки, т.е. подвергаться деформации однородного сжатия.

2. Локальная особенность распределения напряжений, возникающих при давлении на дорожное покрытие колеса автомашины, просматривается:

- до глубины 0,7 – 0,8 м. для дороги III категории;
- до глубины 0,9 – 1,0 м. для дороги II категории.

3. Напряжения по ширине дорожной насыпи выравниваются, начиная:

- с линии уровня  $y_i = 0,9$  м для дороги III категории;
- с линии уровня  $y_i = 1,1$  м для дороги II категории.

4. Полученные в результате решения численные значения  $P(x)$  для различных уровней возможного расположения прослойки, позволяют произвести оценку сжатия проектируемого геотекстильного полотна с учетом  $\rho \cdot g \cdot u_i$  дорожной насыпи при условии сохранения общей пористости полотна в пределах  $0,36 \div 0,46$ .

Учитывая конструкцию дорожной одежды, а также, однозначное условие  $(P_{\min}/P_{\max}) \geq 0,1$ , геотекстильную прослойку целесообразно расположить:

- для автодороги III категории - на расстоянии не менее 0,53 м. от поверхности покрытия ( $(P_{\min}/P_{\max}) = 0,11$ , условия залегания - песок или мелкий пылеватый суглинок);
- для автодороги II категории - на расстоянии не менее 0,8 м от поверхности покрытия ( $(P_{\min}/P_{\max}) = 0,10$ , условия залегания - кондиционный песок).

При этом, расчетные характеристики полотна изменяются в диапазоне:

- максимальный модуль упругости  $E_b = (0,44 - 0,45)$  МПа;
- минимальный модуль упругости  $E_a = (0,16 - 0,17)$  МПа.;
- минимальная начальная пористость  $\xi_0 = (0,65 - 0,67)$ ;
- параметры модели:  $n = (1,7 - 2,0)$ ;  $K = (0,5 - 0,6)$  МПа;

- минимальное отношение плотностей полотна и волокна  $(\rho_{M0}/\rho_B) = (0,33 - 0,35)$ .

Помимо дорожного строительства, нетканые материалы весьма эффективны для использования в качестве теплоизоляции различного рода конструкций и магистральных инженерных сооружений. Анализ методов определения теплофизических характеристик многофазных систем показывает, что моделирование в большинстве случаев проводится с позиции заранее известных формы и взаимодействия структурных элементов. Подобный подход неизбежно приводит к идеализированному представлению о теплообменных процессах, происходящих в нетканых полотнах т.к. практически невозможно учесть существующие в реальных условиях: контактную теплопроводность между элементами; градиент температуры на границе твердой и газовой фаз; формы и размеры пор.

В работах, посвященных изучению теплофизических свойств материалов [3,4] установлено, что с увеличением плотности возрастает и коэффициент теплопроводности текстильных изделий, что позволяет применить степенную функцию (1) в виде:

$$\lambda_{эф} = L \cdot \rho^m$$

где:  $\lambda_{эф}$ ,  $\rho$  – эффективный коэффициент теплопроводности и плотность материала;

Однако, при аналитическом определении  $\lambda_{эф}$  в зависимости от  $\rho$  не рационально использовать конкретные величины плотностей различных материалов, т.к. они варьируются в широком диапазоне значений. Наиболее целесообразно рассматривать изменение коэффициента теплопроводности в зависимости от плотностей материала  $\rho_M$  и составляющих его волокон  $\rho_B$ :

$$\lambda_{эф} = L \cdot (\rho_M/\rho_B)^m, \quad (9)$$

Запись  $\lambda_{эф} = f(\rho_M/\rho_B)$  в виде (9) позволяет установить диапазон изменения аргумента. В случае, когда объемная пористость материала близка к 100 % величина  $(\rho_M/\rho_B) \approx 0$  и, наоборот, при минимально возможной пористости значение  $(\rho_M/\rho_B)$  приближается к единице, т.е.  $\rho_M \approx \rho_B$ . Применительно к рассматриваемой задаче такие условия запишутся:

$$F(Y) = \begin{cases} 0, & \text{при } \rho_1 \leq (\rho_M/\rho_B) \leq \rho_2 \\ [(\rho_M/\rho_B) - \rho_2], & \text{при } (\rho_M/\rho_B) \geq \rho_2 \\ [\rho_1 - (\rho_M/\rho_B)], & \text{при } (\rho_M/\rho_B) \leq \rho_1 \end{cases}$$

где:  $\rho_1$ ,  $\rho_2$  – величины отношения  $(\rho_M/\rho_B)$  соответственно при минимальном  $\lambda_1$  и максимальном  $\lambda_2$  значениях эффективного коэффициента теплопроводности, которые зависят от плотности структурных элементов (для нетканых материалов – вида волокон) толщины, пористости и среды, заполняющей его поровое пространство. Соответственно в уравнениях (4) – (7) следует считать:

$$x = (\rho_M/\rho_B) = \rho_1, \text{ при } F(x)_{\max} = \lambda_1; \quad x = (\rho_M/\rho_B) = \rho_2, \text{ при } F(x)_{\min} = \lambda_2.$$

Величины  $\lambda_1$  и  $\lambda_2$  определяются исходя из условий эксплуатации теплоизоляции. При этом численные значения эффективного коэффициента теплопроводности во многом будут зависеть от среды, заполняющей поровое пространство теплоизоляционного материала, т.к. теплопроводности воздуха, воды или льда (которые могут находиться в различных количественных соотношениях) весьма значительно отличаются между собой. Считая, что при максимальной пористости, т.е.  $0 < (\rho_M/\rho_B) \leq 0,05$ ,  $\lambda_{эф}$  равен коэффициенту теплопроводности среды, рассмотрены три варианта функционирования теплоизолятора.

I. В порах материала находится воздух (например, теплоизоляция холодильных установок, трубопроводов, находящихся во внутренних помещениях зданий и т.д.). Тогда при условии  $0 < (\rho_M/\rho_B) \leq 0,05$  эффективный коэффициент теплопроводности теплоизолятора практически равен коэффициенту теплопроводности воздуха  $\lambda_{воз} = 0,02442$  Вт/(м·К).

II. Материал эксплуатируется в условиях повышенной влажности (отсутствие герметичной водонепроницаемой защиты изоляции участков трубопроводов, утеплителей полов на нижних этажах зданий и т.д.). При том же условии, что пористость материала максимальна, его  $\lambda_{эф}$  будет изменяться от  $\lambda_1 = \lambda_{воз} = 0,02442$  Вт/(м·К) до  $\lambda_2 = \lambda_{воды} = 0,5513$  Вт/(м·К);

III. Теплоизоляционный материал находится во влагонасыщенном состоянии и используется при температурах ниже  $0^\circ\text{C}$  (при отсутствии защиты изоляции нефтегазопроводов, скважин и сооружений от проникновения влаги в районах Крайнего Севера и Западной Сибири). В этом случае подход к определению оптимальных параметров теплоизоляции аналогичен двум предыдущим случаям, с той лишь разницей, что диапазон изменения  $\lambda_{эф}$  будет находиться в пределах от  $\lambda_1 = \lambda_{воды} = 0,5513$  Вт/(м·К) до  $\lambda_2 = \lambda_{льда} = 2,250$  Вт/(м·К).

Значения  $\lambda_{воз}$ ,  $\lambda_{воды}$ ,  $\lambda_{льда}$ , приняты при атмосферном давлении  $P = 1,01 \cdot 10^5$  Па и температуре  $t = 0^\circ\text{C}$ . В результате расчетов определены искомые величины  $L$  и  $m$ , позволяющие рассчитать оптимальное значение  $\lambda_{эф}$  в зависимости от  $\rho_M/\rho_B$  для каждого из трех вышеперечисленных вариантов, а именно: I вариант:  $\lambda_{эф} = 0,982(\rho_M/\rho_B)^{1,119}$ ; II вариант:  $\lambda_{эф} = 0,502(\rho_M/\rho_B)^{0,0103}$ ; III вариант:  $\lambda_{эф} = 0,248(\rho_M/\rho_B)^{-0,290}$

Следует отметить, что используя изложенный математический метод можно проектировать материалы лишь по одной, заданной изначально, характеристике (например, плотность или пористость) и справедлив для всех материалов, имеющих капиллярно-пористую или пористую структуру.

На основании проведенных исследований были разработаны, изготовлены и испытаны в лабораторных условиях геотекстильные и теплоизоляционные нетканые полотна, характеристики которых представлены в табл.2.

Таблица 2.

Фактические значения показателей нетканых полотен целевого назначения

Показатели	Геотекстильное нетканое полотно, предназначенное для дорожного строительства	Теплоизоляционное нетканое полотно
Состав сырья, %	Мононить ПП, 100%	Мононить ПЭ, 100%
Поверхностная плотность, г/м <sup>2</sup>	655	512
Толщина при удельном давлении 2,0 кПа, мм	5,3	10,3
Разрывная нагрузка полоски 50×100 мм, Н (кН/м)		
подлине	885	711
по ширине	874	718

Коэффициент изотропности по прочности	1,03	1,06
Коэффициент изотропности по деформации	0,98	0,97

## ЛИТЕРАТУРА

1. Реклейтис Г., Рейвиндран А., Рэгсдел К. Оптимизация в технике. Кн. 1. Пер. с англ.- М.: Мир, 1986.- 349 с.
2. Рувинский В.И. Оптимальные конструкции земляного полотна / на основе регулирования водно-теплового режима/.- М.: Транспорт, 1982.- 166 с.
3. Дульнев Г.Н., Заричняк Ю.П. Теплопроводность смесей и композиционных материалов. Л.:Энергия, 1974, 264 с.
4. Колесников П.А. Теплозащитные свойства одежды.- М.: Легкая индустрия, 1965.- 346 с.

УДК 677.024

**РАЗРАБОТКА НОВЫХ СТРУКТУР ТКАНЕЙ СПЕЦИАЛЬНОГО  
НАЗНАЧЕНИЯ И ТЕХНОЛОГИЙ ИХ ИЗГОТОВЛЕНИЯ**

**THE DEVELOPMENT OF NEW STRUCTURES OF FABRICS SPECIAL  
THE PURPOSE AND TECHNOLOGIES OF THEIR PRODUCTION**

С.Д. Николаев  
S. D. Nikolaev

Российский государственный университет имени А.Н.Косыгина  
(Технологии. Дизайн. Искусство), (Москва)  
The Kosygin State University of Russia, (Moscow)  
e-mail: nsd0701@mail.ru

В работе кратко описаны работы по разработке новых материалов специального назначения и технологии их изготовления на современном технологическом оборудовании; ткани из арамидной пряжи, однослойные ткани из углеродных нитей, многослойные ткани из стеклянных и углеродных нитей, трехосные ткани, ткани для защиты от электромагнитного излучения, мотальные паковки для изготовления фильтров и композитов

**Ключевые слова:** ткани; углерод; кварц; стекло; многослойные ткани; мотальные паковки

In the work briefly described work on the development of new materials for special purposes and their manufacturing techniques with modern technological equipment; fabrics made of aramid yarn, a single ply of fabric of carbon fibers, multi-layer fabric of glass and carbon fibers, triaxial fabric, fabric for protection from electromagnetic radiation, winding bobbin for the manufacture of filters, and composites

**Keywords:** fabric; carbon; quartz; glass; multilayer cloth winding pas-forging

В последние годы на кафедре проектирования и художественного оформления текстильных изделий под руководством автора данной публикации проведены важные научные исследования, связанные с разработкой новых тканей специального назначения и технологий их изготовления на современном технологическом оборудовании.

Отметим результаты некоторых из них.

***Разработка тканей из арамидных пряжи и нити***

В диссертационных исследованиях Алексея И. Слугина [1] и Андрея И. Слугина [2] проведены исследования, связанные с разработкой новых тканей из арамидной пряжи, полученной из регенерированных волокон.

Проведенные исследования показали, что баллистическая стойкость тканей выработанных из регенерированных арамидных волокон лишь на 16,5% ниже

баллистической стойкости тканей, изготовленных из арамидных комплексных нитей. Эти результаты были получены на тяжелых тканях с поверхностной плотностью 340-420 г/м<sup>2</sup>. Было признано, что основная часть кинетической энергии пули или осколка рассеивается за счет взаимного перемещения нитей и волокна под воздействием баллистического снаряда. Исходя из этого, а также принимая во внимание, что с увеличением количества слоев ткани в пакете баллистическая стойкость последнего растет, было принято решение повторить серию испытаний на облегченных тканях.

По мнению специалистов, занимающихся разработкой баллистических материалов проектируемая ткань должна отвечать следующим требованиям: иметь поверхностную плотность не более 130 г/м<sup>2</sup>; иметь одинаковые физико-механические характеристики по основе и по утку; иметь одинаковое усилие выдергивания основных и уточных нитей; иметь саржевое или полотняное переплетение. Были наработаны и испытаны ткани, определены физико-механические показатели баллистических тканей, выработанных из регенерированного арамидного волокна и тканей, изготовленных из комбинированных нитей (пряжа 30 текс + нить 29,4 текс).

Разработанные ткани из регенерированного арамидного волокна прошли натурные испытания при создании внутренней противоосколочной защиты экипажей бронированной техники. Эта проблема условно делится на 2 части: бронирование тяжелых машин (танк, БМП); бронирование автомобилей.

Для повышения конкурентоспособности текстильных бронепакетов и баллистических композитов на основе арамидных комплексных нитей было предложено часть слоев ткани из комплексной нити Русар заменить на ткань из арамидной пряжи, изготовленной из регенерированного волокна Русар.

Баллистические испытания текстильных бронепакетов проводили путем обстрела защитного пакета шариком 1,03 г. Замена части комплексной нити на пряжу из регенерированного арамидного волокна ведет к снижению защитных характеристик текстильного бронепакета, однако с увеличением поверхностной плотности пакета это снижение уменьшается.

Использование регенерированного арамидного волокна в качестве исходного материала для изготовления текстильных бронепакетов и композитных бронепанелей приводит к существенному снижению стоимости бронирования.

Текстильный бронепакет и композитная бронепанель, изготовленные из регенерированного арамидного волокна, имеют меньшую стоимость даже по сравнению с композитом из полипропиленовых волокон, обладая при этом несравнимо более высокими огне- и термостойкостью.

#### ***Разработка многослойных тканых структур и 3D препрегов.***

Работы проводятся совместно с учеными АО «ТРИ-Д» И.Ю. Павлихиной [3]..и В.Т.Сергеева [4].

В работе И.Ю.Павлихиной разработаны многослойные кремнезёмные ткани облегчённого типа (МКТО), которые используются в качестве теплозащитного материала в условиях статического воздействия высоких температур взамен асбестовых покрытий. Последние выделяют канцерогенные вещества и запрещены к использованию в производствах стран ЕС. Развитие инвестиционных отношений Российской Федерации с другими промышленно-развитыми странами требует исключения применения асбестовых материалов.

Решение поставленной задачи (существующей проблемы) возможно при выполнении следующих технических требований: использование термостойких нитей значительной линейной плотности до 500-750 текс; введение процесса текстурирования нитей и увеличения их поперечных размеров в 1,5-2 раза; разработка структуры многослойных тканей толщиной до 10-30 мм; обеспечение объёмного заполнения многослойной ткани стекловолокном в пределах 0,3-0,35 г/см<sup>3</sup>; технологичность в приготовительных отделах и ткачестве.



Химические нити, полученные на основе кремнезёмного волокна, обладают температурой размягчения 1350 °С, что обеспечивает заданную тепловую защиту. Использование кремнезёмных нитей линейной плотности до 500-750 текс с диаметром до 0,9-1,1 мм необходимо для увеличения толщины ткани и снижение её объёмного заполнения.

В данной работе проведено исследования свойств МКТО при изменении числа слоёв. При этом толщина многослойной ткани возрастала от 12 мм до 50 мм. Однако при увеличении количества уточных слоёв более 12-ти в процессе изготовления слоисто-каркасной МКТО отмечено возрастание технологических затруднений. Испытания ткани МКТО в качестве теплозащитного материала показали, что при условии кратковременного воздействия температур оптимальным является вариант 8-ми слойной слоисто-каркасной ткани, объёмная геометрическая модель которой представлена на рисунке.

В работе В.Т.Сергеева разработаны новые полые комбинированные многослойные ткани из углеродных и кварцевых нитей. Для получения многофункциональных композитов необходимо применение нескольких исходных материалов в определенном сочетании и пропорциях. В данной работе использованы два вида нетрадиционных волокон: кварцевые и углеродные. Высокие термические и механические показатели, влаго- и хемостойкость делают возможным их применения в экстремальных условиях. Удельное электрическое сопротивление кварцевого волокна обеспечивает радиопрозрачность летательных объектов, а углеродные волокна обладают уникальным свойством – абляцией, которое широко используется для тепловой защиты космических аппаратов.

Структура многослойной ткани обеспечивает нерасслаиваемость композита при воздействии ударных нагрузок, в том числе в трансверсальном направлении. В разработанной многослойной комбинированной полый ткани (МКПТ) получено такое расположение нитей, при котором внешняя поверхность полый ткани закрыта углеродными нитями (410 текс; Урал Н/205-22×2), а внутренние слои образованы кварцевыми нитями (612 текс; КС11-68текс ×3×3) с малой величиной крутки 50-75кр/м.

Для формирования многослойной комбинированной ткани в качестве базовых переплетений выбрано сочетание сатинового переплетения с производным от полотняного. Получение многослойной комбинированной полый ткани осуществляется за счет последовательного послойного прокладывания уточных нитей из верхнего полотна в нижнее и обратно. Автором определены параметры и вид нитей, структура ткани и форма тканого изделия, обеспечивающие получение многослойной комбинированной полый ткани, используемой в качестве армирующего материала многофункциональных композитов.

#### ***Разработка новых углеродных тканей.***

В работе Кашеевой М.М. [5] разработаны облегченные структуры технических тканей из углеродных нитей и выявлены особенности их изготовления на ткацком станке: спроектированы структуры облегченных углеродных тканей из нитей типа «Урал»; установлены причинно-следственные связи между технологическими параметрами изготовления углеродных тканей и параметров их строения; доказана целесообразность использования бобин сомкнутой намотки уточных нитей для улучшения их сматывания;

При исследовании выработаны образцы тканей из углеродных нитей «Урал», использовались нити линейной плотности 100, 70, 50 и 35 текс. Изготовление ткани осуществлялось на бесчелночном ткацком станке СТБ – 180.

Исследуемые ткани обладают следующими свойствами: термостойкость в инертной среде до 3000°С; термостойкость в окисляющих средах до 400-450°С; стойкость к электромагнитному, ядерному излучению и радиации; прочность нити 1,2 – 1,5 ГПа; модуль упругости волокна 60 ГПа; химическая стойкость к кислотам, щелочам, растворителям при любых температурах; высокая электропроводность.

Уникальные свойства материала постоянно расширяют применение данной ткани. В настоящее время известно, что она применяется: при изготовлении композитов; для высокотемпературной изоляции и при термозащите, в вакуумных печах, печах накала для карбид-кремниевых изделий; при изготовлении антикоррозионных покрытий и футеровке;

для носителей катализаторов; в медицине при изготовлении физиотерапевтических электродов; в электрохимии для трехмерных электродов (для осаждения золота, платины, палладия); в гидротурбинных и судовых подшипниках скольжения (узлы трения): при изготовлении углепластиков; в гибких и жестких электронагревателях; при изготовлении электротермических матов; для фильтров, используемых в агрессивных средах; для радиопоглощающих материалов.

В работе Е.В.Евсюковой [6] разработаны новые однослойные углеродные ткани из нитей типа «олилон» различных переплетений из нитей линейной плотности 165 текс, имеющих небольшое разрывное удлинение. Предложен новый способ формирования данных тканей путем увлажнения основных нитей в зоне «скало – ламели». При этом степень увлажнения материалов должна быть небольшой, что обеспечивает незначительное снижение прочностных показателей (пример на 5-10%) и значительное (более чем в 2 раза) увеличение разрывного удлинения.

#### ***Разработка структур и технологий изготовления трехосных тканей.***

В диссертационных исследованиях Т.Ю. Каревой [7], И.В. Сеницыной [8], А.В. Сеницына [9] разработаны технологии изготовления трехосных тканей и тканей не ортогонального строения и их структуры.

Был разработан способ получения тканей не ортогонального строения. Введем понятие – трехосная ткань, т. е. ткань, в любом элементе которой присутствуют три оси – одна уточная и две основные, находящиеся под определенным углом друг к другу. В трехосных тканях нити основы не остаются параллельными друг другу, а взаимодействуют между собой, причем направление осей нитей основы меняется на противоположное в процессе ткачества. На ткацком станке для выработки тканей с переплетением нитей основы между собой и с нитями утка процесс образования трехосной ткани можно осуществить следующим образом. Классическая трехосная ткань, обладающая максимальными прочностными показателями на разрыв и на раздирание достигается тогда, когда угол между двумя системами основных нитей и одной системой уточных нитей составляет  $60^\circ$ .

От количества перемещений в горизонтальной плоскости будет зависеть рисунок получаемой ткани, а также угол наклона нитей основы к нитям утка.

#### ***Текстильные фильтры на базе мотальных паковок***

Данные исследования проводятся совместно с д.т.н. Паниным И.Н. [10]. По мере ускорения темпов научно-технического прогресса воздействие людей на природу становится все более мощным, и в настоящее время оно уже соизмеримо с действием природных факторов, что приводит к качественному изменению соотношения сил между обществом и природой. В природу внедряется все больше и больше новых веществ чуждых ей, порой сильно токсичных для живых организмов.

Актуальность данной работы обусловлена тем, что в настоящее время в связи с бурным развитием техники и внедрением новейших технологий наблюдается сильное загрязнение окружающей среды.

В промышленных условиях используются фильтры непрерывного и периодического действия. Во-первых, фильтровальная перегородка непрерывно перемещается по замкнутому пути, во вторых она неподвижна. При этом в фильтрах периодического действия на всех элементах перегородки одновременно осуществляются одни и те же процессы, например, поступление суспензии, образование осадка или его удаление. В фильтрах непрерывного действия на различных элементах перегородки происходят разные процессы в зависимости от того, на каком пути находится рассматриваемый элемент перегородки.

В работе предложено в качестве фильтровальной перегородки использовать мотальные паковки сомкнутой структуры намотки. Плотность намотки таких паковок составляет более  $0,8 \text{ г/см}^3$ , что делает их очень эффективными в использовании. При этом значительно уменьшается стоимость такой паковки.

#### ***Использование мотальных паковок для создания композитов.***

Результаты исследования изложены в диссертационной работе М.И. Панина [11].

Одним из главных критериев определяющих качество и свойства композитов формируемых с использованием текстильных материалов, является процентное соотношение

(доля вложения) текстильного армирующего материала и связующих (эпоксидных и полиэфирных смол) в общем объеме композита. Это соотношение считается оптимальным, когда доля армирующего материала будет небольшой, (для минимального веса композита), при высоких прочностных характеристиках материала и низкой его себестоимости изготовления.

Несмотря на кажущуюся простоту процесса намотки ровинга (жгута) или нити (пряжи) на оправку, существующее намоточное оборудование обеспечивает контроль только одного параметра намотки – угла подъема витков, в тоже время для формирования армирующих объемных намоток они не приспособлены. Синхронизация скоростей вращения оправки и перемещения ровинга вдоль образующей паковки осуществляется органолептически или с большими погрешностями. Особый интерес представляет метод создания армирующих основ (элементов композиционных материалов) путем развертки намоток заданной структуры. По сути они могут выполнять роль препрегов, но формируемых более дешевым способом – намоткой.

Применение намотки паковок с использованием в послойной раскладке нитей различной структуры и состава позволяет варьировать, в широких пределах, комбинации композитов (по сути создавать послойный пирог).

Об использовании в качестве армирующих компонентов композитных материалов более сложных структур намоток (сотовых, спиралевидных, слоисто – каркасных, замкнутых), а тем более использования их разверток вообще не велось даже в технических изданиях, что подтверждает научную новизну и актуальность данных исследований.

Как показала практика, намотки сомкнутой структуры обладают и высокой устойчивостью к рассыпанию и воздействию внешних нагрузок (натяжению нити при ее сматывании) ввиду максимального сцепления витков между собой.

Эти виды структур намоток мотальных паковок (их развертки и круговые диаграммы) относятся к паковкам цилиндрической формы. Причем в настоящее время они используются только для обработки нитей (крашения; запаривания; отбеливания нитей в паковках) с последующим разматыванием в текстильных производствах. Высокая пористость и проницаемость замкнутых и спиралевидных намоток цилиндрической формы обеспечивает неплохие условия схода (сматывания) нити с паковок. Однако формирование мотальных паковок более сложной формы (используя данные структуры) крайне сложно, из – за неравновесного (неустойчивого) положения нитей наклонных и кривых плоскостях намотки вследствие малого сцепления витков между собой (их трения о намотку), а, следовательно, нарушению условия профессора А.П. Минакова (приводящего к слетам и обрыву нити):

Композитные материалы с армирующим компонентом из текстильных структур (волокон, нетканых материалов, нитей, тканей, трикотажа и т. д.) составляют основную долю изделий применяемых в самых различных областях жизнедеятельности человека.

В меньшей степени нити подвергаются истиранию при перематывании, а многообразие структур намотки мотальных паковок (сомкнутые, замкнутые, застильные, дисковые), отличающиеся друг от друга удельной плотностью намотки, пористостью и проницаемостью, позволяют на их основе создавать композитные материалы с заданным долевым соотношением армирующего и связующего компонентов. Очевидно, что данное соотношение может быть получено расчетным путем, на основе определения коэффициента заполнения намотки волокнистым материалом.

#### ***Разработка тканей для защиты от электромагнитного излучения.***

Данные работы ведутся с АО «Чайковский текстиль» и изложены в работах Е.В.Сильченко [12]. В работе: спроектированы новые ткани для защиты от электромагнитного излучения с учетом выбора рациональных структур тканей на основе геометрических методов проектирования ткани с учетом взаимного расположения основных и уточных нитей; на теоретическом уровне доказана возможность изготовления спроектированных тканей на основе использования критерия длительной прочности Москвитина с учетом физической и геометрической нелинейности текстильных нитей;

исследованы специфические свойства текстильных нитей (вязкоупругие параметры, параметры долговечности) для изготовления тканей, защищающих человека от электромагнитного излучения. разработаны и внедрены в производство новые ткани для защиты от электромагнитного излучения, значительно ослабляющие электромагнитное и электрическое поле. определены основные области применения металлизированных тканей, показано, что для уменьшения электромагнитного излучения защитные устройства должны представлять собой электрически и магнитно замкнутый экран. представлены комплекты защитной одежды, их состав и область применения. применение исследованных образцов металлизированной ткани, предназначенных для применения в производстве экранирующих комплектов для защиты человека от воздействия электромагнитных полей, приводит к значительному снижению уровней ЭМП радиочастотного диапазона (170 – 2800 МГц) в связи с высокими коэффициентами экранирования; наибольшая степень экранирования отмечается на частоте 2800 мГц.; предложен и внедрен новый состав пряжи из смеси 60% металлизированного волокна и 40% метаарамидного волокна, разработана новая технология формирования пряжи и ткани, которые внедрены в промышленности,

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Слугин Алексей И. Разработка оптимальных технологических параметров изготовления тканей на основе вторичной арамидной пряжи. Дис... канд.техн.наук, МГТУ им.А.Н.Косыгина, 2008. – 170 с/
2. Слугин Андрей И. Разработка новых облегченных арамидных тканей на основе вторичных регенерированных волокон и технологических параметров их изготовления. Дис... канд.техн.наук, МГТУ им.А.Н.Косыгина, 2012.- 162 с/
3. Павлихина И.Ю. Разработка многослойных кременнеземных тканей разреженных структур. Дис. ... канд.техн.наук, МГТУ им.А.Н.Косыгина, 2012. – 174 с
4. Сергеев В.Т. Разработка структуры и технологии изготовления многослойной комбинированной ткани из углеродных и кварцевых нитей. . Дис. ... канд.техн.наук, МГТУ им.А.Н.Косыгина, 2015 – 180 с..
5. Кашеева М.М. Разработка облегченных структур технических тканей из углеродных нитей и особенности их изготовления на ткацком станке. Дис... канд.техн.наук, МГТУ им.А.Н.Косыгина, 2009.- 141 с
6. Евсюкова Е.В. Разработка технологических параметров изготовления технической ткани из углеродных нитей. Дис. канд.техн.наук, МГТУ им.А.Н.Косыгина, 1990
- 7.Карева Т.Ю. Разработка способа, технологии изготовления тканей новых структур. Дис... докт.техн.наук, МГТУ им.А.Н.Косыгина, 2005. – 412 с
8. Сеницына И.В. Анализ тканей ортогонального и не ортогонального строения для кромок. Дис... канд.техн.наук, МГТУ им.А.Н.Косыгина, 2009.- 247 с
9. Сеницын А.В. Разработка метода проектирования трехосных тканей Дис... канд.техн.наук, МГТУ им.А.Н.Косыгина, 2012.- 224 с
10. Панин И.Н. Разработка и исследование структур текстильных паковок специального назначения. Диссертация д.т.н. М., МТИ им. А.Н. Косыгина. 1996 – 360 с.
11. Панин М.И. Разработка композиционных материалов на базе мотальных паковок специального назначения. Дис... канд.техн.наук, МГТУ им. А.Н.Косыгина, 2012.- 158 с
12. Сильченко Е.В., Николаев С.Д. Новая ткань для защиты человека от воздействия электромагнитных полей. Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2015. № 6 (360). С. 59-64.

## ОГНЕЗАЩИТНАЯ И КОМПЛЕКСНАЯ ОТДЕЛКА ТЕХНИЧЕСКОГО ТЕКСТИЛЯ ИЗ ЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ И СМЕШАННЫХ ВОЛОКОН

### FIREPROOF AND COMPLEX FINISHING OF TECHNICAL TEXTILES MADE OF CELLULOSE AND MIXED FIBERS

Э.А. Коломейцева<sup>1</sup>, А.П. Морыганов<sup>2</sup>  
E.A. Kolomeytseva<sup>1</sup>, A.P. Moryganov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ООО «Апотекс» (г. Иваново)

<sup>2</sup>Институт химии растворов им. Г.А. Крестова РАН, (г. Иваново)

<sup>1</sup>Limited Company "Apotex" (Ivanovo)

<sup>2</sup>G.A. Krestov Institute of solution chemistry of the Russian Academy of Sciences,

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

Разработаны и выпущены в производственных условиях промышленные(или опытные) партии технических тканей, нетканых материалов из целлюлозных (лен, хлопок) волокон или смесей их с полиэфирными с пониженной поверхностной плотностью (250-500 г/м<sup>2</sup>) и композитов на основе огнестойкой фенолформальдегидной смолы. Новые материалы характеризуются комплексом улучшенных специальных защитных свойств: стойкость к прожиганию при t-800°C 80-150 с (норма 50 с), кислородный индекс 35-41% (норма-не менее 28 %) в комплексе с маслoneфтеотталкиванием 4-5 балла (норма-не менее 4 баллов) и коэффициентом биоустойчивости 92-98%(норма- не менее 85%). Из полученных материалов изготовлены опытные партии защитных костюмов для сварщиков, боевой одежды пожарных, теплошумоизоляционных элементов и формопрессованных деталей для транспорта и домостроения.

Ключевые слова: модифицированное льняное волокно; технические ткани и нетканые материалы; термостойкость; огнебиозащита; маслoneфтеотталкивание; защитная одежда; теплошумоизоляция.

Commercial (or experimental) consignments of technical fabrics, nonwoven materials made of cellulose (flax, cotton) fibers or their mixes with polyester ones with the decreased surface density (250-500 g/m<sup>2</sup>) and composites on the basis of fire-resistant phenolformaldehyde resin were developed and released under industrial conditions. New materials are characterized by a complex of the improved special protective properties: resistance to burning-through at t° 800 °C 80-150 sec (norm 50 sec), oxygen index of 35-41% (norm - not less than 28%) in a complex with oil and petroleum repulsion of 4-5 points (norm - not less than 4 points) and coefficient of biostability of 92-98% (norm - not less than 85%). From the obtained materials the pilot consignments of protective suits for welders, fire fighting clothes, heatnoise-insulating elements and form-molded details for transport and house-building were produced.

Keywords: modified flax fiber; technical fabrics and nonwoven materials; heat resistance; fire and bio protection; oil and petroleum repulsion; protective clothing; heatnoise insulation.

Одним из важных аспектов развития индустрии технического текстиля в России является более широкое использование отечественного волокнистого сырья и ресурсосберегающих технологий его переработки. Работы по этому направлению выполнялись в ИХР РАН в последние годы совместно с рядом научных и производственных организаций по госконтрактам с Минпромторгом РФ и по договорам с предприятиями.

Единственное природное волокно, получаемое в России - это льняное: до 600 тыс.т в год 100 лет назад и 40-60 тыс.т в последние годы. Для технических целей широко использовалось низкономерное короткое льноволокно - в первую очередь, для выработки брезентов. В ИХР РАН разработана совмещенная одностадийная технология крашения таких тканей и их огнестойкой отделки с использованием специально созданного экологически безопасного и сравнительно недорогого антипирена Тезагран. В начале двухтысячных годов эту технологию начали использовать многие льнофабрики, так как она позволяла практически без производственных стоков на простейших пропиточных линиях получать

востребованные для изготовления спецодежды ткани с поверхностной плотностью 450-550 г/м<sup>2</sup>. Позднее нами были разработаны новые модификации антипирена Тезагран, позволяющие повышать стойкость к прожиганию до 300 с (в 6 раз выше норматива) и совмещать термо- и огнестойкую отделку с биоцидной и водо-маслоотталкивающей.

Высокий огнезащитный эффект антипирена Тезагран достигается за счет его высокой коксообразующей активности и благодаря образованию большого количества негорючих газов, подавляющих действие окислителей в пламени. Кроме того, механизм воздействия включает стадию образования на волокне структурированного защитного слоя, способствующего повышению термостойкости полимерного материала.

Большую актуальность имеет создание низкоматериалоемких льносодержащих тканей (на основе смесовой пряжи из 30-40% механически модифицированного льноволокна и хлопка с добавлением химических волокон) и изделий из них с улучшенными защитными свойствами. На основании исследования структуры и состояния поверхности смесовой пряжи кольцевого и пневмомеханического способов прядения показана целесообразность выработки технических тканей для спецодежды из пряжи пневмомеханического способа прядения [1]. Выпущены 3 опытные партии суровых льносодержащих низкоматериалоемких тканей специального назначения (с поверхностной плотностью 265-280 г/м<sup>2</sup>) саржевого и полотняного переплетения, в том числе с вложением термостойких химических волокон (арамидного, базальтового). В производственных условиях ОАО «Кохомский лен» (г. Кохма, Ивановской обл.) и ОАО «Родники-Текстиль» (г. Родники, Ивановской обл.) этим тканям были приданы улучшенные защитные свойства. В конечном результате получены опытные партии смесовых низкоматериалоемких технических тканей специального назначения с поверхностной плотностью 315-350 г/м<sup>2</sup>. Как видно из данных табл.1, стойкость ткани к прожиганию при t-800°C 80-120с, кислородный индекс 37-41% в комплексе с высокой биоцидностью. Одновременно с указанными защитными свойствами данным тканям можно придавать и свойства маслoneфeоттaлкивaния (4-5 баллов).

Таблица 1.

Показатели огнезащищенности и биоустойчивости опытных тканей

Вид ткани	Кислородный индекс, %	Огнестойкость, с	Стойкость к прожиганию, с	Коэффициент биоустойчивости, %	Степень обрастания плесневым и грибами, баллы
Хлопкольная ткань полотняного переплетения огнебиозащищенная	35,4	0	84	92	0,5
Хлопкольная ткань полотняного переплетения с введением термостойкого волокна огнебиозащищенная	41,3	0	151	94	0
Хлопкольная ткань саржевого переплетения огнебиозащищенная	37,2	0	103	93	0
Хлопкольная ткань саржевого переплетения с введением термостойкого волокна огнебиозащищенная	39,0	0	118	94	0

Норма	не менее 28	Остаточное горение - не более 2	не менее 50	не менее 85	не более 1
-------	----------------	--	----------------	----------------	---------------

Следует обратить внимание, что многие импортные ткани, рекомендуемые в качестве термостойких, не обладают требуемой стойкостью к прожиганию. В то же время, для ряда разработанных льносодержащих низкоматериалоемких тканей в сертификационном центре «Палматекс» точно определить время прожигания даже не удалось – оно оказалось более 300 с (при нормативе 50 с). Из полученных смесовых льносодержащих технических тканей изготовлена опытная партия защитных костюмов (ООО «ПКФ «Компания Спецзащита», г. Нижний Новгород) и проведена их опытная носка в условиях металлургических комбинатов (рис.1), а на кафедре конструирования швейных изделий текстильного института ИвГПУ разработан образец боевой одежды пожарного (рис.2).



Ивановская обл.(с.Спасское),  
15.04.2015 г.



Рис.1. Костюм для сварочных работ, изготовленный из низкоматериалоемкой льносодержащей ткани с улучшенными защитными свойствами

Рис.2. Опытные образцы костюмов БОП (боевая одежда пожарных) из низкоматериалоемких льнополиэфирных тканей

лучшенные свойства новых технических тканей и изготовленных из них костюмов заключаются в следующем:

- термостойкость - стойкость ткани к прожиганию при  $t=800^{\circ}\text{C}$  80-150 сек. (у х/б ткани такой же поверхностной плотности с пропиткой Пробан – 20-25 сек.);
- улучшенные огнезащитные свойства - кислородный индекс 37-41% в комплексе с малонефтеотталкиванием и биоцидностью (у х/б ткани с пропиткой Пробан 29-30%);
- спецодежда, изготовленная из обработанных тканей - костюмы, головные уборы - имеет высокую степень защиты от открытого пламени, брызг расплавленного металла, искр и продуктов горения при сварке, а также гигиеничность, антистатические свойства, комфорт при носке готовых изделий (ткань льносодержащая, отделочный препарат относится к 4 классу опасности - «Вещества малоопасные» - не содержит формальдегид и галогены).

Ориентировочная стоимость таких тканей 200-250 руб./м<sup>2</sup>, при этом стоимость импортных тканей составляет 600-650 руб./м<sup>2</sup>.

В последнее время все более широкое применение в различных областях техники находят нетканые полотна. При этом достаточно часто возникает потребность в нетканых полотнах с различными специальными свойствами, такими как огнестойкость, биозащищенность, маслостойкость, отталкивание грязи.

В нашей работе для придания таких свойств нетканые материалы обрабатывались способом пропитки или аэрозольно композиционными составами на основе антипирена Тезагран различных модификаций. Разработанные нетканые материалы с комплексом улучшенных защитных свойств (табл.2) начинают применяться в вагоностроении [2] и

Таблица 2

Основные показатели огнебиозащищенных теплошумоизоляционных нетканых материалов из натуральных и химических волокон

Наименование показателей	Значения показателей для материалов с волокнистым составом			
	Лен-100%	ПЭФ-100%	Лен-40% ПЭФ-60%	Композит: лен-80%, ПЭФ-20% микропенка- синергетик
Ширина, см	90-270	100-250	90-280	100-250
Толщина, мм	1,5-10	1,0-5,0	1,5-4,0	2-4
Поверхностная плотность, г/м <sup>2</sup>	110-400	100-450	130-420	140-250
Коэффициент звукопоглощения	0,3-0,5	0,4-0,6	0,6-0,7	0,8-0,9
Кислородный индекс, %	36-39	32-35	34-37	36-38
Стойкость к прожиганию t -800 <sup>0</sup> С, с	15-40	-	15-47	75-12
Коэффициент биоустойчивости, %	94	98	97	97
Гигроскопичность, %, не более	Не более 12	Не более 8	Не более 10	
Группа горючести	Трудногорючие			

могут успешно использоваться в автомобиле- и судостроении в качестве огнезащитных и огнебиозащищенных термостойких прокладок в конструкциях кресел, полок, потолка вагонов и других транспортных средств, в фильтрующих элементах систем кондиционирования на транспорте и в пожароопасных производствах, а также при изготовлении трудногорючих чехлов для матрасов, мягкой мебели и др. Применение предлагаемых материалов обеспечивает высокие свойства пожаробезопасности, термостойкости и биозащищенности изделий. При необходимости мультифункциональные препараты на той же базовой основе могут придавать дополнительно свойства маслостойкости.

Новые нетканые материалы обеспечивают высокий коэффициент звукопоглощения (на уровне 0,5-0,9) в широком диапазоне частот, соответствуют требованиям, предъявляемым к трудногорючим материалам, и удовлетворяют существующим нормативам по экологическим показателям выделяемых при горении газообразных продуктов (объем газа, скорость выделения и токсичность). Как видно из табл.3, по составу и количеству выделяемых вредных веществ разработанный материал (в качестве примера приведены показатели для НО-Л-1) значительно экологичнее ныне применяемых композитов.



Характеристики выделяемых при горении огнезащищенных текстильных материалов дыма и газов

Наименование материала	Удельная оптическая плотность дыма	Концентрация выделяющихся газов (м.ч. на 1000 м.ч. газовой смеси)				
		Монооксид углерода (CO)	Циановодород (HCN)	Фтори-тый водород (HF)	Полифторизобутилен (-Cn HmF-)	Диоксид углерода (CO <sub>2</sub> )
1.Огнезащищенный нетканый материал НО-Л-1	173	64	25	-	-	115
2.Образец сравнения - огнезащищенный нетканый материал типа Огнетекс	195	127	48	26	-	183
3.Стеклоткань теплостой-кая ТАФ-3	214	258	32	396	314	167

Следует отметить, что выделение особо опасного СО из огнезащищенного нетканого материала НО-Л-1 в 2 раза меньше, чем из материала типа Огнетекс и в 3,5 раза меньше, чем из стеклоткани. При горении и термоокислительной деструкции стеклоткани ТАФ-3 выделяются большие количества особо опасных веществ: фтористый водород (I кл. опасности) и перфторизобутилен (II кл. опасности), вызывающих воспалительные процессы органов дыхания.

Разработаны и выпускаются новые модификации антипиренов Тезагран, предназначенные для фенолформальдегидных смол, используемых в полимерных композиционных материалах (ПКМ). На их основе созданы трудногорючие трехслойные панели из ПКМ, обладающие малым весом, повышенными прочностными свойствами и улучшенными характеристиками пожарной безопасности, позволяющими рекомендовать их в качестве конструктивных элементов для различных видов транспорта и специальной техники.

В настоящее время в ИХР РАН проводятся работы по приданию тканям и нетканым материалам с приобретенными мультифункциональными защитными свойствами способности защищать от радиоактивного излучения. Изготовлены и проходят испытания образцы текстильных материалов, в том числе композитных с поверхностной нанопленкой, полученной в условиях плазмообработки, также служащей защитой от альфа- и бета-излучения. Такие материалы предполагается использовать при создании защитной одежды для военных, в атомной индустрии, медицине, а также в специальном машиностроении.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Стокозенко В.Г., Коломейцева Э.А., Шапошников А.Б., Морыганов А.П. Получение низкоматериалоемких тканей со специальными свойствами на основе модифицированного льноволокна // Известия вузов. Технология легкой промышленности. 2015, №4. С.78-82.
2. Сачков О.В., Чистобородов Г.И., Вильк М.Ф., Аксенов В.А., Морыганов П.А., Коломейцева Э.А., Юдаева О.С., Гладаренко А.С. Текстильные материалы и изделия со специальными свойствами для обеспечения экологической, гигиенической и пожарной безопасности пассажирских вагонов. М.: ФГУП ВНИИЖГ, 2011. 140 с.

УДК 547.458.61-148:66.084.8

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УЛЬТРАДИСПЕРСНЫХ АППРЕТОВ НА ОСНОВЕ ХИТОЗАНА ДЛЯ ПРИДАНИЯ СЕЛЕКТИВНО-СОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ ВОЛОКНИСТЫМ ФИЛЬТРУЮЩИМ МАТЕРИАЛАМ\***

### **USE ULTRADISPERSED CHITOSAN BASED FINISHING AGENTS TO IMPART SELECTIVELY SORPTION PROPERTIES OF FIBROUS FILTER MATERIALS\***

И.М. Липатова

I.M. Lipatova

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

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

E-mail: i\_lipatova@bk.ru

Исследована эффективность функционализации фильтрующих волокнистых материалов путем нанесения органо-неорганических композитов на основе хитозана. Высокая степень дисперсности композитов достигалась за счет использования механической активации в роторно-импульсном аппарате. Показано, что использование таких аппретов придает материалам способность эффективно сорбировать красители, тяжелые металлы и некоторые радионуклиды.

Ключевые слова: хитозан; волокнистые фильтрующие материалы; сорбция; анионные красители; ионы тяжелых металлов; ионы стронция.

Efficiency of the functionalization of the fibrous filter materials by applying of the organic-inorganic chitosan based composites were investigated. A high degree of dispersion of the composites was achieved by the use of mechanical activation in rotary-pulse apparatus. It was shown that the using of such finishing agents impart a good sorption ability to material towards anionic dyes, heavy metals and some radionuclides.

Keywords: chitosan; fibrous filter materials, sorption, anionic dyes, heavy metals, strontium ions.

В настоящее время в связи с неблагоприятной экологической ситуацией в промышленно развитых регионах, остается актуальной проблема очистки питьевой воды от красителей, ионов тяжелых металлов и радионуклидов. Этой проблеме посвящено большое количество исследований, приведших к разработке широкого спектра эффективных сорбентов. К сорбентам, используемым для очистки жидкостей хозяйственно-питьевого назначения, предъявляются особые требования. Важнейшими среди этих требований являются: абсолютная экологичность, селективность (проходимость для жизненно важных ионов), достаточная скорость сорбции, доступность, дешевизна. Гранулированные и крупнозернистые сорбенты требуют длительного контакта с жидкостью вследствие их неудовлетворительных кинетических характеристик. Порошкообразные сорбенты характеризуются лучшей кинетикой сорбции, однако создают значительное гидродинамическое сопротивление при фильтрации. Одним из решений проблемы совмещения высокой скорости сорбции с хорошими гидродинамическими свойствами сорбента является нанесение его на волокнистый носитель. Функционализированные таким

образом волокнистые материалы представляют особый интерес для изготовления легких и компактных фильтров для очистки и обеззараживания питьевой воды в полевых условиях или в бытовых условиях при отсутствии стационарных очистных сооружений.

Одним из направлений исследований, проводимых в ИХР РАН в течение нескольких последних лет, является функционализация волокнистых материалов путем нанесения ультрадисперсных органо-неорганических аппретов [1]. Применительно к фильтрующим материалам такое аппретирование позволяет придавать волокнам способность селективно сорбировать красители, ионы тяжелых металлов или радионуклидов. Для обеспечения высокого уровня дисперсности композиционные аппретовые материалы готовятся механо-акустическим способом с использованием роторно-импульсного аппарата. В качестве полимерной органической составляющей аппретов хорошо зарекомендовал себя природный полисахарид хитозан. Благодаря своей поликатионной природе хитозан способен безреагентно закрепляться на волокнах, особенно на целлюлозных. В настоящее время интерес к использованию материалов на основе хитозана в сфере сорбционных технологий для экоремедиации окружающей среды неуклонно возрастает. В макромолекулах хитозана содержится несколько функциональных групп – гидроксильные, карбонильные, амино-, ацетиламидные группы и кислородные мостики, благодаря которым хитозановые сорбенты обладают удивительно широким спектром поглощаемых ими соединений [2].

Благодаря своей хелатообразующей способности хитозан наиболее эффективен при извлечении ионов тяжелых металлов из воды, напитков, биологических жидкостей и др. Хитозановые аппретовые материалы при  $pH < 6,2$  в водных средах придают поверхности волокон положительный заряд. Это обуславливает способность аппретированных материалов эффективно адсорбировать анионные красители, в качестве которых мы использовали серии сульфозамещенных фталоцианинов. В практическом отношении могут быть интересными композиционные сорбенты на основе хитозана и тонко диспергированного минерального наполнителя. В хитозановых композициях, придающих материалу способность сорбировать ионы тяжелых металлов или краситель, наполнитель играет вспомогательную роль в качестве регулятора реологических и адгезионных свойств аппрета, а также сорбционных свойств полимерной матрицы. Введение наполнителя приводит к снижению плотности упаковки макромолекул в полимерной матрице композитного материала, что является следствием ограничения подвижности полимерных цепей вблизи поверхности частиц. Снижение плотности упаковки макромолекул отражается на сорбционной способности полимера, т.к. увеличивается доступность функциональных групп и возрастает скорость диффузии сорбата вглубь материала. Кроме того, как было нами показано ранее [3], введение небольших количеств наполнителя вызывает снижение вязкости и увеличение растекаемости ( $S/m$ ) дисперсии по целлофановой пленке, использованной в качестве модели целлюлозного материала. Выявленный эффект благоприятно сказывается на способности суспензий проникать вглубь волокнистого материала при нанесении методом импрегнирования, обеспечивая меньшую склеенность волокон и большую удельную поверхность сорбента после высыхания.

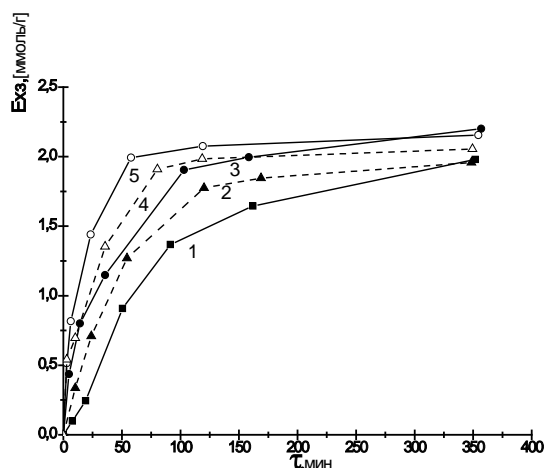


Рис.1 Кинетические кривые сорбции  $\text{Cu}^{2+}$  хитозановой пленкой (1) и хитозановыми аппретами без наполнителя (2,3) и содержащими 5 мас%  $\text{BaSO}_4$  (4,5); 2,4 –нетканый льняной материал, 3,5 - льняное волокно

Эффективность композитных хитозан-минеральных сорбентов была испытана на процессе сорбции анионных красителей из их водных растворов с концентрацией  $0,5 \cdot 10^{-5}$ - $5 \cdot 10^{-4}$ М, а также ионов меди из водных 0,025-мольных растворов  $\text{CuSO}_4$ . На рис.1 представлены кинетические кривые сорбции ионов меди волокнистыми материалами, аппретированными хитозаном, а также хитозаном, содержащим 5 мас.% механо-акустически инкорпорированного наполнителя  $\text{BaSO}_4$ . Для сравнения приведена кинетическая кривая сорбции ионов меди хитозановой пленкой толщиной 50мкм. Как видим, наименьшая скорость сорбции получена для хитозановой пленки, нанесение хитозана на волокнистый материал увеличивает скорость сорбции. Введение в хитозановый аппрет наполнителя еще больше увеличивает начальную скорость сорбции, а также значение равновесной сорбции. Аналогичные результаты по увеличению скорости сорбции при введении ультрадисперсного наполнителя в хитозановый аппрет наблюдали и при адсорбции красителей. В среднем Максимальная сорбционная емкость хитозановых аппретов по красителю достигала значений 0,20-0,45 ммоль/г. Скорость сорбции является очень важной характеристикой сорбента при получении проточных фильтрующих материалов.

Одним из серьезнейших последствий техногенных катастроф является нехватка питьевой воды для пострадавшего населения. Особое значение в настоящее время приобрела проблема очистки радиоактивно-загрязненных жидкостей от радионуклида  $\text{Sr}90$ , обладающего большим периодом полураспада и высокой радиотоксичностью. Одним из наиболее эффективных способов извлечения как стабильных так и радиоактивных изотопов Sr (закономерности сорбции идентичны) из растворов является метод ионного обмена с использованием как ионообменных смол, так и неорганических сорбентов. Наиболее известными, ставшими уже классическими сорбентами стронция в водоочистке являются оксигидраты тяжелых металлов (Fe, Ti, Al, Mn, Nb), а также нерастворимые соли бария и кальция, используемые в сферогранулированной или порошковой форме [4].

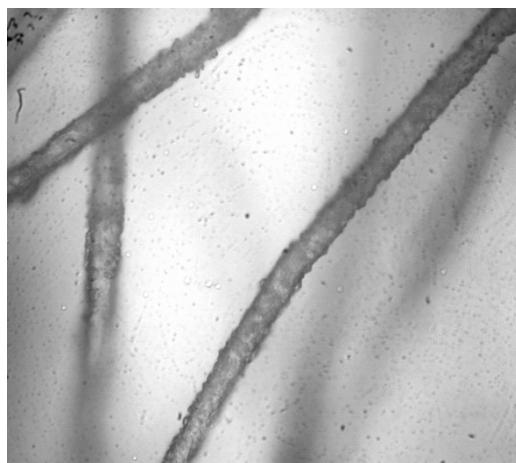


Рис.2 Микрофото льняных волокон, аппретированных композитными хитозан-неорганическими частицами (x400)

Нами разработан способ получения селективно-сорбционных по отношению к ионам стронция волокнистых фильтрующих материалов путем коагуляционного высаждения на волокнах мезоразмерных органо-неорганических частиц из механоактивированных водных коллоидов. В данном случае в отличие от рассмотренных выше аппретов, хитозан играет вспомогательную роль, выступая в качестве ограничителя размера частиц, агента коагуляции и связующего для закрепления частиц на волокне. Наносимые на волокно сорбционно-активные частицы нерастворимых неорганических солей являются абсолютно безопасными для человека, эти вещества используются в качестве пероральных сорбентов в клинической практике при отравлениях радиостронцием также как и хитозан.

Сорбцию ионов стронция образцами волокнистых композитов проводили в статических условиях в водных растворах  $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$  различной исходной концентрации. при гидромодуле  $1000 \text{ мл}\cdot\text{г}^{-1}$  и  $\text{pH}=6,0$ . Концентрацию ионов стронция в исходных растворах и после достижения равновесия сорбции определяли эмиссионным пламенно-фотометрическим методом. Параллельно при тех же условиях определялись значения сорбционной обменной емкости (СОЕ) для гранулированного сорбента «Microionex MB143F» (США), используемого для извлечения ионов стронция из жидких сред.

Таблица 1.

Статическая обменная емкость (СОЕ) по ионам  $\text{Sr}^{2+}$  полученных волокнистых сорбентов в сравнении с промышленным сорбентом

Сорбент	Содержание сорбирующих компонентов, %	Начальная концентрация $\text{Sr}^{2+}$ , ммоль/л	СОЕ, мг/г
Волокно, аппретированное хитозан-неорганическими частицами	45	1	17,5
		5	114
		10	219
		50	543
«Microionex MB143F» (США)	80	1	15,8
		5	46
		10	98
		50	570

Малый размер наносимых на волокно частиц обеспечивает большую удельную сорбционную поверхность, что, в свою очередь, обуславливает высокие кинетические и емкостные характеристики сорбции неорганических частиц. При исследовании сорбционной

способности опытных фильтров было установлено, что при прочих равных условиях фильтр, полученный с использованием модифицированного льняного волокна, позволяет очистить в 1,5 раза больший объем жидкости при скорости фильтрации в 3,5 раза выше, чем фильтр на основе мелкозернистого сорбента «Microionex MB143F», который является одним из наиболее эффективных промышленных сорбентов. Данные таблицы показывают, что в выбранном диапазоне концентраций стронция в воде полученный образец волокна льна с нанесенными мезоразмерными композитными частицами обладает статической обменной емкостью, превышающей этот показатель для высокоэффективных промышленных гранулированных сорбентов отечественного и зарубежного производства. Из приведенных графиков следует, что преимущества полученных сорбентов по сорбционной способности к ионам стронция в наибольшей степени проявляются при его низких концентрациях в растворах, что соответствует назначению получаемых волокнистых фильтрующих материалов (очистка воды и других жидкостей для населения). Сорбент в виде волокна может быть использован для набивки фильтрующих колонок или переработан в нетканый материал, из которого легко изготовить фильтр любого размера.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Lipatova I. M. Mechanoacoustic method for production of composite chitosan finishing agents for textile materials. // Russ. J. of General Chem. 2013. V. 83. N 1. P.83-91.
2. Muzzarelli R.A.A., Muzzarelli C. Chitosan cytometry: relevance to the biomedical sciences. // Adv. Polym. Sci. 2005. V.186. P.151-209.
3. Лосев Н.В., Мезина Е.А., Липатова И.М. Влияние природы наполнителя и механической активации на реологические свойства суспензий на основе растворов хитозана. // Журн. прикл. химии. 2011. Т. 84. Вып. 8. С. 1306-1311.
4. Авраменко В.А., Железнов В.В., Каплун Е.В. и др. Сорбционное извлечение стронция из морской воды. // Радиохимия. 2001. Т. 43. Вып. 4. С. 381- 384.

*\*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант №16-03-00135а).*

УДК 620.1

### ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССОВ ФОРМОВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ СТЕКЛО- И УГЛЕПЛАСТИКОВ

### THEORETICAL FOUNDATION OF MOLDING PRODUCTS GLASS AND CARBON REINFORCEMENT PLASTIC

Г.В. Малышева  
G.V.Malysheva

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана  
Bauman Moscow State Technical University  
E-mail: malyin@mail.ru

Рассмотрены основные технологические операции процессов формования изделий из стекло- и углепластиков, приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований, позволившие определить режимы формования для технологических операций выкладки, пропитки и отверждения. На примере рефлектора зеркальной космической антенны показано влияние сетевого угла и пористости ткани на кинетику процесса пропитывания. Разработаны математические модели и проведена оптимизация режима отверждения с учетом тепловых эффектов.

Ключевые слова: технологические операции; углепластик; вакуумная инфузия; моделирование.

The main technological operations of molding processes from glass and carbon plastic materials are considered, the results of theoretical and experimental studies are given, which allowed to determine the molding regimes for technological operations of laying, impregnation and curing. The influence of the network angle and the porosity of the tissue on the kinetics of the impregnation process is shown using the reflector of a mirror cosmic antenna as an example. Mathematical models have been developed and the curing regime has been optimized taking into account the thermal effects.

**Key words:** technological operations; Carbon plastic; Vacuum infusion; modeling.

Углепластики, изготовленные из высокомодульных углеродных волокон и эпоксидных связующих, в настоящее время широко используются при производстве изделий самого широкого назначения, что связано с уникальным комплексом их деформационно-прочностных и теплофизических свойств [1, с.20]. Одним из факторов, ограничивающих широкое внедрение углепластиков в промышленности, является их высокая стоимость. В последнее время все большее внимание уделяется прямым методам формования, где используются не готовые препреги, а сухая ткань [2, с.5 - 40]. Наибольшее распространение получили методы вакуумной инфузии и пропитки под давлением RTM [3, с.24]. Основными технологическими операциями являются: изготовление связующего и преформы, выкладка, пропитка, отверждения. Потери качества могут происходить на каждой из этих технологической операции.

Целью настоящей работы является повышение качества изделий из стекло- и углепластиков при снижении затрат на их производство.

Для достижения поставленной цели в работе последовательно были рассмотрены основные технологические операции изготовления типовых крупногабаритных тонкостенных конструкций методом вакуумной инфузии.

На примере связующего, состоящего из кремнийорганического каучука и дисперсного железоуглеродистого наполнителя показано, что в зависимости от степени наполнения система может находиться в псевдо-пластичном или дилатантном состоянии. Установлено, что наряду с так называемой «мгновенной» тиксотропией, при которой площадь петли гистерезиса стремится к нулю, может иметь место типичный (классический) или «аномальный» гистерезис, которые принципиально отличаются между собой скоростями разрушения и восстановления структуры. Для объяснения различных форм гистерезиса тиксотропии в таких суспензиях сделано допущение по которому в этих системах могут возникать надструктурные элементы – кластеры в составе нескольких частиц наполнителя, коллоидных частиц и дисперсионной среды связующего. Перечислены основные свойства, которыми должны обладать кластеры.

На примере эпоксидного связующего и низкопористой углеродной ткани теоретически и экспериментально исследовано влияние сетевого угла и пористости ткани на кинетику процесса пропитывания. Приведены примеры расчета сетевого угла в зависимости от криволинейности поверхности оснастки. Для экспериментальной оценки кинетики процесса пропитывания спроектирован специальный стенд, который позволяет определять длину пропитываемого участка в зависимости от времени и давления. Разработана методика оценки пористости тканей и учтено влияние пористости на кинетику процесса пропитывания.

На примере рефлектора зеркальной космической антенны разработаны математические модели, позволяющие определять кинетику процесса отверждения в зависимости от скорости подъема температуры и количества выделяемого при отверждении тепла. Для моделирования процесса отверждения использована программа Femap Nastran. Задача математического моделирования решалась в два этапа. На первом этапе определялись температурные поля в заготовке рефлектора во время процесса отверждения без учета тепловыделения в процессе химической реакции отверждения, на втором – с учетом тепловыделения. В результате проведенных расчетов было установлено, что, заданная температура в 180°C устанавливается на 15000 с (если при расчетах используется модель без учета тепловыделения) и на 11430 с. (если используется модель с учетом конвективного

нагрева). Расхождение теоретических и экспериментальных результатов составили 9%. Разработанная модель процесса отверждения связующего с учетом тепловых эффектов, позволила определить температуру и продолжительность нагрева на каждом этапе отверждения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Нелюб В.А. Оценка адгезионного взаимодействия между углеродным волокном и эпоксидным связующим // Клеи. Герметики. Технологии. 2014. 37. С.20-22.
2. Баурова Н.И., Зори В.А. Применение полимерных композиционных материалов при производстве и ремонте машин / Учебное пособие. М.: МАДИ. – 264 с.
3. Буянов И.А., Малышева Г.В. Методика оценки качества прошивки при изготовлении аксиальных углеродных тканей // Все материалы. Энциклопедический справочник. 2017. №3. С.24-27.

УДК 621.3.035.221.45

### **ОПЫТ РАЗРАБОТКИ И ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ПОЛУЧЕНИЯ ГАЗОДИФфуЗИОННЫХ ПОДЛОЖЕК ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ОСНОВЕ КОМПОЗИТОВ ИЗ УГЛЕРОДНЫХ ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ**

### **EXPERIENCE IN THE DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF TECHNOLOGIES FOR MANUFACTURE OF FUEL CELL GAS DIFFUSION LAYERS BASED ON CARBON FIBER COMPOSITE MATERIALS**

А.А. Лысенко, В.А. Лысенко, М.В. Крисковец  
А.А. Lysenko, V.A. Lysenko, M.V. Kriskovets

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна  
Saint-Petersburg state University of industrial technologies and design  
E-mail: thvikm@yandex.ru, valys@mail.ru, kriskovets.maksim@list.ru

Разработаны методы системного проектирования и информационного моделирования композитов из углеродных волокнистых материалов и технологии их изготовления. Созданы отечественные технологии производства газодиффузионных подложек топливных элементов с полимерными протонообменными мембранами. Организовано опытно-промышленное производство газодиффузионных подложек.

**Ключевые слова:** водородная энергетика; системное проектирование; топливный элемент; газодиффузионная подложка; газодиффузионный слой; углеродное волокно; углерод-углеродный композит.

**System engineering and information modeling methods of carbon fiber composites and their manufacturing technologies are designed. Domestic technologies for fuel cells with polymer proton-exchange membranes gas diffusion layers production are developed. Gas diffusion layers industrial production is organized.**

**Keywords:** Hydrogen energy, system engineering, fuel cell, gas diffusion layer, carbon fiber, carbon-carbon composite.

В последние годы наблюдается возросший интерес к волокнистым углеродным электропроводящим пористым композитам (УЭПК), обусловленный интенсивной коммерциализацией в области водородной энергетике при создании бортовых, резервных и аварийных источников питания авиационной и космической техники, подводных лодок, мобильных зарядных устройств для армии и др., где предъявляются специальные требования к электрофизическим, техническим, экономическим и другим параметрам УЭПК, а также



расширением коммерческого применения электропроводящих наполнителей: углеродных нанотрубок, нановолокон, микронитей, графенов, – для создания таких композитов. Доля стоимости газодиффузионных подложек (ГДП) из волокнистых УЭПК в составе топливных элементов (ТЭ) с полимерными протонообменными мембранами (ППМ) может составлять 28 %, а на разработку таких ТЭ выделяется в рамках государственных программ США и стран ЕС сотни миллионов долларов в год. Российская Федерация не является исключением, и работы по водородной энергетике активно ведутся в рамках ряда государственных программ. УЭПК также находят широкое применение для изготовления электродов электрохимических устройств (электролизеры, источники тока, ионисторы), нагревательных элементов, покрытий для защиты от электромагнитного излучения, токопроводящих и антиэлектростатических покрытий, датчиков температуры, давления, оптического и инфракрасного излучения, датчиков химических веществ, биосенсоров и пр.

Вместе с тем, использование УЭПК в ТЭ с ППМ в оборонных и гражданских областях сдерживалось в Российской Федерации отсутствием отечественных разработок, доведенных до промышленного внедрения. Поэтому создание отечественных конкурентоспособных как по характеристикам, так и по экономической доступности ГДП, с использованием импортозамещающих технологий и материалов, является важной задачей и целью настоящей работы.

Для достижения поставленной цели решены следующие вопросы: • проведен критический анализ существующих технологий, способов получения и свойств УЭПК, в т.ч. для ГДП ТЭ [1, 2]; • разработаны модели технологий и материалов УЭПК с использованием методов системного проектирования [3, 4]; • выполнены: исследования влияния параметров получения на свойства углеродных волокнистых материалов-наполнителей из гидратцеллюлозы и альтернативных полимеров [5 – 7]; • проведена экспериментальная оценка эффективности использования полимерных связующих в процессах получения УЭПК [8]; • изучено влияние микро- и наночастиц на свойства полимерных компаундов для получения углеродных матриц УЭПК [9, 10]; • проведены экспериментальное обоснование и отработка технологических параметров получения УЭПК с использованием углеволокнистых материалов [11, 12].

Работы выполнены в рамках контракта по теме «Разработка технологий и оборудования для производства на гидратцеллюлозной основе углеродных нетканых и углерод-углеродных композиционных материалов многофункционального назначения», научно-технической программы Союзного государства «Разработка инновационных технологий и техники для производства конкурентоспособных композиционных материалов, матриц и армирующих элементов на 2012 – 2016 годы», утвержденной постановлением Совета Министров Союзного государства от 12 декабря 2012 г. № 46, а также в рамках федеральной целевой научно-технической программы «Развитие гражданской морской техники» на 2009 – 2016 годы».

На рисунке 1 [13] представлена схема конструкции ТЭ с ППМ.



Рис. 1 Схема топливного элемента, в котором в качестве электролита используется полимерная протонообменная мембрана

Основные компоненты ТЭ – это полимерная протонообменная мембрана на основе фторполимеров (например, марки Nafion® фирмы Du Pont) или полибензимидазола [14], слой катализатора, газодиффузионные подложки (ГДП), газораспределительные пластины и оконечные пластины. ГДП являются одним из важнейших компонентов ТЭ [15] и выполняет следующие основные технические функции [13, 16]: доставка газов и жидких реагентов (топливо/окислитель: водород/кислород, метанол/кислород воздуха и пр.) к нужным электродам; распределение реагентов необходимым и контролируемым образом; подвод электронов к электродам, каталитическим слоям и отведение электронов от них; механическая поддержка и защита полимерных мембран и катализатора; помощь в отведении тепла; передача нагрузок газораспределительных пластин и уплотнителей сборки батареи ТЭ; участие в сопряжении внутренних частей батареи ТЭ в составе мембранно-электродного блока ТЭ и др.

Создание и выпуск УЭПК в промышленном масштабе представляет комплексную задачу, решение которой оптимально с применением методов системного проектирования и информационного моделирования [17]. При этом анализ, например, УЭПК как объекта системного проектирования (ОСП) и анализ процесса информационного моделирования целесообразно проводить с позиций теории систем [18].

В таблице 1 представлена упрощенная схема ГДП как материальной системы.

Таблица 1

**ГДП как материальная система**

Компоненты	Элементы системы ГДП
Материалы ГДП	1. Базовые ГДП Наполнитель: углеродные волокна, графит, терморасширенный графит, сажа, металл, сочетание материалов Матрица: углеродные материалы, фторполимеры (лаки, суспензии) 2. ГДП-системы: базовые ГДП + гидрофобные покрытия + микропористые слои + каталитические слои
Структурные единицы	Волокна. Отрезки волокон. Микроволокна. Нановолокна. Наночастицы. Атомы материала

Связи между структурными единицами	Переплетение, трение (ткань, нетканый материал). Композиционные материалы: углерод-углеродные композиты, углерод-полимерные композиты На атомном уровне (пены, У-углерод и пр.)
Структура базовой ГДП	Ткань. Бумага. Бумага из субмикронных волокон и нановолокон. Нетканый материал. Пены. Структуры, полученные по золь-гель технологии. Сетки из ТРГ. Сочетания структурных единиц. Сочетания структур (нити + нанонити, бумага + нанобумага)

Воздействуя на компоненты системы (структуру ГДП, материалы, структурные единицы, связи между структурными единицами) можно управлять свойствами ГДП. Анализ вариантов сочетания элементов системы ГДП, их экспериментальная проработка позволили найти оптимальные конструктивные и технологические решения, разработать ГДП в виде волокнистого непрерывнонаполненного УУКМ, полученного из графитированных гидратцеллюлозных волокон, с заданной структурой, в виде иглопробивного нетканого материала, обладающего одновременно высокой пористостью и электропроводностью. Более подробно об основах системного проектирования смотрите [19].

При промышленном производстве ГДП особое значение приобретают такие параметры ОСП как базовая функциональность, потенциал функциональности, время и другие ресурсы, затраченные на создание ОСП, себестоимость и рыночная стоимость ОСП как потребительского продукта.

На основании приведенных теоретических и некоторых предварительных экспериментальных исследований была разработана принципиальная технологическая цепочка получения графитированного УУКМ электротехнического назначения, в том числе для ГДП ТЭ с ППМ, представлена на рисунке 2.



Сокращения:

ГЦВ - гидратцеллюлозное волокно  
НМ - нетканый материал  
Кат - раствор катализатора

УВНМ - углеродный волокнистый нетканый материал  
УУКМ - углерод-углеродный композиционный материал  
ВТО - высокотемпературная обработка

Рис. 2 Принципиальная технологическая цепочка изготовления УУКМ ГДП

Характеристики разработанных новых видов гидратцеллюлозных и углеродных материалов для ГДП и самих пористых токопроводящих композитов представлены в таблице 2.

Таблица 2

Характеристики разработанных новых видов УУКМ электротехнического назначения

Наименование созданных новых видов материалов, продукции и их показатели	Значение
<b>1. Нетканый материал из гидратцеллюлозных волокон</b>	
Ширина, мм	1080 – 1120

Продолжение таблицы 2

Поверхностная плотность, г/м <sup>2</sup>	250 – 450
Толщина, мм	2 – 4
<b>2. Углеродный нетканый материал из гидратцеллюлозных волокон</b>	
Ширина, мм	1000
Поверхностная плотность, г/м <sup>2</sup>	80 – 300
Толщина, мм	0,5 – 1,5
Удельная объемная плотность, г/дм <sup>3</sup>	85 – 260
<b>3. Препрег (углепластик) для УУКМ электротехнического назначения</b>	
Поверхностная плотность, г/м <sup>2</sup>	160 – 260
Толщина, мм	0,29 – 0,33
Удельная объемная плотность, г/дм <sup>3</sup>	550 – 780
<b>4. УУКМ для токопроводящих материалов</b>	
Толщина, мм	0,25 – 0,40
Поверхностная плотность, г/м <sup>2</sup>	100 – 200
Удельное сопротивление, Ом·см	0,02 – 0,03
Содержание углерода, %	> 99
Пористость, %	60 – 75
Радиус пор, мкм	10 – 12
Удельная объемная плотность, г/дм <sup>3</sup>	400 – 500

Таким образом, в результате проведенных НИОКР экспериментально установлены и математически описаны зависимости удельного объемного сопротивления от толщины сжатия таких углеродных волокнистых материалов [20]; обоснована и экспериментально доказана возможность прогнозирования свойств углерод-углеродных электропроводящих пористых композиционных материалов на этапе изготовления углепластиков, без проведения дорогостоящих, длительных операций карбонизации и графитации [21, 22].

Ниже приведены характеристики ГДП зарубежных аналогов в сравнении с разработанными нами ГДП, смотри табл. 3.

Таблица 3

Производитель, марка ГДП	Конструкция	Толщина, мкм	Пористость, %	$\rho_v, \parallel / \perp =$ , мОм·см	Стоимость, USD
Toray, TGP-H-60	УУКМ на основе бумаги	191 ± 6	77 ± 2	7,3/5,1 = 1,43	560 – 1400 за м <sup>2</sup> 3200 – 9950 за кг
Hollingsworth & Vose, GDL 75-8-UC	УУКМ на основе бумаги	177 ± 5	76 ± 2	14,2/14,2 = 1	
Ballard, P 50T	УУКМ на основе бумаги	163 ± 5	77 ± 2	34,5/17,1 = 2,02	
Ballard, AvCarb 1071 HCB	УУКМ на основе углеродной ткани	244 ± 9	79 ± 2	12,6/10,5 = 1,20	

УУКМ СПбГУПТД и ОАО «Светлогорск Химволокно»	УУКМ на основе углеродного нетканого материала	250 – 400	60 – 75	20 – 30	Менее зарубеж- ных аналогов
Примечание: $\rho_v$ – удельное объемное электрическое сопротивление, $\parallel$ – поперек направления выработки, $=$ – вдоль направления выработки					

Теоретически обосновано и показано при наработках в условиях производственного предприятия ОАО «СветлогорскХимволокно», что наиболее эффективными углеволокнистыми наполнителями для УЭПК являются нетканые материалы; разработаны технологии и параметры получения из гидратцеллюлозных волокон углеродных нетканых материалов с комплексом свойств, требуемых для УЭПК ГДП.

В рамках контракта выполнена разработка технологических процессов и отдельных видов оборудования для опытно-промышленного производства углеродных нетканых и углерод-углеродных композиционных материалов для изготовления газодиффузионных подложек топливных элементов на основе гидратцеллюлозных волокон. Решены следующие задачи: разработаны технологии, технологические регламенты и технические условия производства углерод-углеродных композитов электротехнического назначения; проведена модернизация оборудования и предложены технические решения нового оборудования для производства УУКМ электротехнического назначения.

На основе разработанных технологий изготовления прекурсоров и УЭПК освоен промышленный выпуск ГДП ТЭ с ППМ на ОАО «СветлогорскХимволокно».

Мировой уровень технической новизны выполненных разработок подтвержден 4 патентами, 1 свидетельством о государственной регистрации программы для ЭВМ и 1 свидетельством о государственной регистрации базы данных.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Лысенко В.А. Газодиффузионные подложки топливных элементов: промышленный выпуск / В.А. Лысенко // Дизайн. Материалы. Технология. – 2008. – №3. – С. 42 – 48.
2. Лысенко В.А. Промышленный выпуск газопроницаемых токопроводящих подложек / В.А. Лысенко // Дизайн. Материалы. Технология. – 2009. – №1. – С. 53 – 59.
3. Лысенко В.А. Электропроводящие волокнистые пористые композиты как объекты системного проектирования / В.А. Лысенко, А.А. Лысенко, П.Ю. Сальникова // Известия вузов. Технология легкой промышленности. – 2011. – Т. 12. – №2. – С. 10 – 13.
4. Лысенко В.А. Углеродные электропроводящие композиты: системное проектирование и информационное моделирование / В.А. Лысенко // Химические волокна. – 2012. – №1. – С. 31 – 40.
5. Лысенко В.А. Особенности выбора материала матрицы пористых электропроводящих углеволокнистых композитов / В.А. Лысенко, П.Ю. Сальникова, А.А. Михалчан, А.А. Лысенко, О.В. Асташкина // Композитные материалы: Специальный выпуск. Материалы Междунар. науч. конф. «Полимерные композиты: методы получения, свойства, применение». Днепропетровск. – 2010. – Т. 4. – № 2. – С. 9 – 11.
6. Жданок С.А. Получение полиакрилонитрильных волокон, наполненных углеродными нанотрубками / С.А. Жданок, Д.А. Житенева, С.С. Янченко, А.А. Лысенко, В.А. Лысенко // Известия вузов. Технология легкой промышленности. – 2011. – Т. 12. – №2. – С. 25 – 30.
7. Гладунова О.И. Полиоксадиазольные волокна, модифицированные нанодобавками / О.И. Гладунова, В.А. Лысенко, О.В. Асташкина, А.А. Лысенко, В.Н. Докучаев // Российский химический журнал. – 2011. – Т. 55. – №3. – С. 35 – 38.

8. Лысенко В.А. Углерод-фторполимерные композиты: увеличение электропроводности / В.А. Лысенко, П.Ю. Сальникова, А.А. Михалчан // Химические волокна. – 2012. – №1. – С. 41 – 44.
9. Михалчан А.А. Получение углерод-углеродных композиционных материалов с использованием в качестве связующих токопроводящих компаундов / А.А. Михалчан, В.А. Лысенко, О.В. Мельник, О.В. Асташкина, А.А. Лысенко // Дизайн. Материалы. Технология. – 2010. – №2. – С. 56 – 60.
10. Лысенко В.А. Изучение процессов карбонизации композитов, наполненных наночастицами углерода / В.А. Лысенко, П.Ю. Сальникова // Дизайн. Материалы. Технология. – 2015. – №2. – С. 44 – 48.
11. Лысенко А.А. Сравнительная оценка технологий и характеристик пористых токопроводящих композитов, используемых в водородных топливных элементах / А.А. Лысенко, В.А. Лысенко, П.Ю. Сальникова, О.В. Лысенко, О.В. Асташкина // Химические волокна. – 2010. – №1. – С. 44 – 48.
12. Тарасенко А.А. Разработка (дизайн) сверхтонких углеродных тканей для газодиффузионных подложек / А.А. Тарасенко, О.В. Мельник, В.А. Лысенко, О.В. Асташкина, Е.П. Галунова, А.А. Лысенко // Дизайн. Материалы. Технология. – 2010. – №4. – С. 37 – 41.
13. Kumar R. Fuel Cell Handbook (Sixth Edition) / R. Kumar, M. Farooque, B. Ernst [et al]. – EG&G Technical Services, Inc., 2002. – 451 p.
14. Javaid Naidi S.M. Polymer Membranes for Fuel Cells / S.M. Javaid Naidi, T. Matsuura. – Springer Science + Business media, 2009. – 431 p.
15. U.S. Department of Energy. Hydrogen Program. 2007 Annual Progress Report. V Fuel Cell. – Washington: US Department of Energy. – P. 278 – 279, 680 – 684, 1281.
16. Spiegel C. PEM fuel cell modeling and simulation using matlab / C. Spiegel. – Academic Press in an imprint of Elsevier, 2008. – 443 p.
17. Ульрих К. Промышленный дизайн: создание и производство продукта / К. Ульрих, С. Эппингер; пер. с англ. М. Лебедева; под общ. ред. А. Матвеева. – М.: Вершина, 2007. – 448 с.
18. Волкова В.Н. Теория систем / В.Н. Волкова, А.А. Денисов. – М.: Высшая школа, 2006. – 511 с.
19. Лысенко В.А. Научные основы создания электропроводящих пористых композитов. Теория и практика / В.А. Лысенко. – Palmarium Academic Publishing. – 2015. – 368 с. – ISBN 978-3-659-60150-7.
20. Буринский С.В. Электропроводящие бумаги из углеродных волокон / С.В. Буринский, В.А. Лысенко, П.Ю. Сальникова // Дизайн. Материалы. Технология. – 2013. – №5. – С. 26 – 30.
21. Лысенко В.А. Анизотропия электропроводности углеродных волокнистых материалов / В.А. Лысенко, П.Ю. Сальникова, А.А. Лысенко // Химические волокна. – 2009. – №6. – С. 21 – 23.
22. Лысенко В.А. Электропроводящие волокнистые пористые композиты как объекты системного проектирования / В.А. Лысенко, А.А. Лысенко, П.Ю. Сальникова // Известия вузов. Технология легкой промышленности. – 2011. – Т. 12. – №2. – С. 10 – 13.

## МЕТОДЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЦЕЛЬНОТКАНЫХ 3D ПРЕФОРМ

### METHODS OF DESIGNING WOVEN 3D PREFORMS

А.М. Киселев, В.Ю. Селиверстов, М.В. Киселев  
А.М. Kiselev, V.Yu. Seliverstov, M.V. Kiselev

ОАО Костромской научно-исследовательский институт льняной промышленности  
Костромской государственный университет  
OJSC Kostroma Research Institute of Linen Industry  
Kostroma State University  
E-mail: laibach@mail.ru, v.seliverstov1959@gmail.com, kisselev50@mail.ru

В статье представлена новая концепция проектирования армирующих 3D структур для производства композиционных изделий. Принципиальное отличие концепции заключается в моделировании цельнотканой преформы, аппроксимирующей заданную деталь, а не представительский объем материала небольших размеров. Кроме того в предлагаемой системе проектирования композиционного изделия функции проектирования совмещены с функциями контроля изготовления с применением методов компьютерной томографии.

**Ключевые слова:** проектирование; моделирование; преформа; томография

The article describes a new concept of designing reinforcing 3D structures for the production of composite products. The principal difference of the concept in modeling the seamless preform, approximating the given detail, rather than a small representative volume of material. In addition, in the proposed system for designing a composite product, the design functions are combined with the production control functions using computer tomography methods.

**Keywords:** design; simulation; preform; tomography

Сегодня мировой тенденцией в производстве композиционных изделий является применение высокопрочных синтетических волокон, таких как углеродное, базальтовое, стеклянное и др. Это объясняется возможностью получения композиционных материалов, превосходящих по своим удельным характеристикам металлические материалы [1]. При этом, они не подвержены коррозии, способны работать в агрессивных средах, радиопрозрачны. Особенно перспективно применение углеродного волокна, однако оно довольно дорогое – от 1500 руб. за кг и выше. Как альтернатива по стоимости углеродному волокну – базальтовое волокно – стоимость около 150 руб. за кг. Широкая номенклатура волокон позволяет найти оптимальное применение в различных отраслях промышленности. Изменились и технологии получения деталей на основе высокопрочных синтетических волокон. Вместо механической обработки из заготовки материала, как при обработке металла, сейчас применяют технологии, которые позволяют получить готовую деталь без последующей механической обработки, например, технология RTM.

Композиционный материал – это соединение армирующей основы и связующего компонента. Огромное сочетание вариантов технологий получения армирующей основы, материала нитей основы (их комбинации), типов связующего материала (полимер, металл, углерод, керамика) приводят к широким возможностям получения материала с требуемыми физико-механическими свойствами. Но общим для всех композиционных материалов является получение армирующей основы, которая будет нести основную нагрузку в процессе эксплуатации детали. Однако на пути реализации столь блестящей перспективы получения новых материалов есть существенные проблемы. Одной из них является получение различной структуры армирующей основы в детали, соответствующей направлениям векторов главных напряжений при ее расчетной схеме нагружения. Второй, не менее важной, является проблема расслоения многослойного композиционного материала. Для

получения объемной реальной детали в настоящее время однослойную ткань укладывают рядами и соединяют друг с другом, пропитывая связующим. При этом используют методы ручной выкладки или очень дорогие раскладочные импортные комплексы. Такой метод позволяет получить объемную форму детали, но не решает задачу достижения требуемых свойств по координате Z (в направлении, перпендикулярном склеенным слоям). Фактически, прочность по координате Z будет определяться прочностью связующего и, в слоистых композитах, не будет зависеть от типа армирующей основы. Это приводит к огромной проблеме расслаивания композита и неспособности нести межслоевые, сдвиговые и ударные нагрузки. Данный недостаток резко снижает области применения композитов на основе высокопрочных волокон, поэтому основной проблемой на сегодня остается получение объемной армирующей основы для композитов. Решающую роль в этом играют текстильные технологии получения армирующих систем, позволяющие исключить данный недостаток, среди которых можно назвать изготовление объемных 3D тканей.

Данные технологии являются технологиями двойного назначения, и интеллектуальная собственность по данным тематикам строго охраняется компаниями разработчиками, а так же государственным экспортным контролем. Сегодня в Российской Федерации существует проблема отсутствия современных цифровых промышленных технологий и оборудования для производства 3D тканых и 3D плетеных полотен. В области проектирования данных материалов ситуация примерно аналогичная[2,3]. Отечественного программного обеспечения проектирования 3D преформ нет, а зарубежное ориентировано только на построение структур представительских объемов порядка 1 куб. см. Среди зарубежного программного обеспечения в данном направлении можно отметить следующие разработки: EAT (Германия), ScotCADTextiles Ltd, Arahne (Словения), WiseTex, TexGen v. 0.75.

Для комплексного решения обозначенных выше проблем предлагается новая концепция цифрового проектирования 3D тканых армирующих структур, технология и оборудование для ее реализации. Проектирование 3D преформ, получаемых методом ткачества, ориентировано на приближении формы преформы к реальной детали[4]. Предлагаемый подход ориентирован больше на реальное производство композиционных изделий на основе 3D армирующих структур и имеет преимущества перед применяемым сегодня подходом, ориентированным на представительский объем (см. рис. 1).



Рис.1. Преимущества фактора реального масштаба проектируемой преформы



Разработанная концепция цифрового проектирования должна учитывать и возможность изготовления реального объекта на ткацком оборудовании. Для этого модуль цифрового проектирования 3D структуры изделия в его продольном сечении связан с исполнительным САМ модулем оборудования. Концепция проектирования представлена на рис. 2.

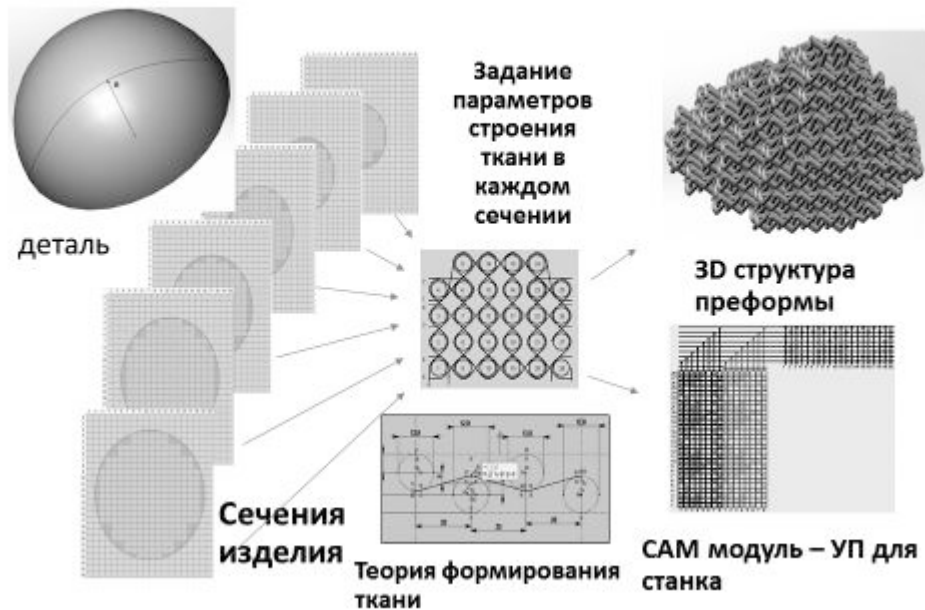


Рис.2. Графическое изображение концепции проектирования цельнотканой 3D преформы

Важным фактором системы цифрового проектирования геометрической модели 3D преформы является ее контроль для оценки качества проектирования и подтверждения адекватности в реальных условиях изготовления. Контроль геометрических параметров 3D преформы, как сложного объекта на уровне нити, представляет собой самостоятельную задачу [5]. Для объемных объектов, на наш взгляд, целесообразно использовать методы компьютерной томографии с последующей обработкой полученных изображений в виде твердотельных моделей. Один из вариантов томографии опытных образцов 3D тканей из углеродного волокна приведен на рис. 3.

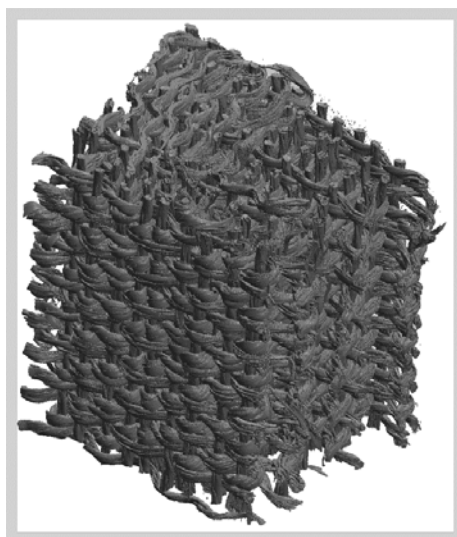


Рис.3. Томография опытного образца 3D тканей из углеродного волокна

Необходимо отметить, что представленный на рис.3 исследуемый объем ткани составляет около 1 куб.см. и при разрешении томографа 2-3 мкм выходной файл занимает объем 1,8 Гб. Томографические исследования выполнялись в лаборатории рентгеновской компьютерной томографии Института геологии и нефтегазовых технологий Казанского федерального университета. Исходя из объемов анализируемой информации, получаемой методом компьютерной томографии, увеличения количества конечных элементов в последующих САЕ расчетах при разбиении геометрической модели цельнотканой преформы, по форме аппроксимирующей заданную деталь, совершенно очевидна необходимость применения суперкомпьютерных технологий (СКТ). Это перспективное направление, позволяющее максимально приблизить процесс проектирования и изготовления армирующей структуры для композиционных материалов, рассчитано на быстрый рост производительности вычислительных систем. Однако на сегодняшний день уже ведется разработка программного обеспечения, реализующего данную концепцию.

Разработанная концепция проектирования предполагает совмещение функций проектирования с функциями контроля геометрии преформы через обработку ее томографического изображения в воксельном формате. В предлагаемой концепции проектирования алгоритмы заполнения объема заданной детали аналогичны воксельному представлению получаемой преформы, что гарантирует идеальные условия для сравнения проектируемой и изготовленной преформы при условии совпадения размера вокселя с диаметром нити. Концепция совмещения функций проектирования 3D цельнотканой преформы и функций контроля ее изготовления графически представлена на рис. 4.

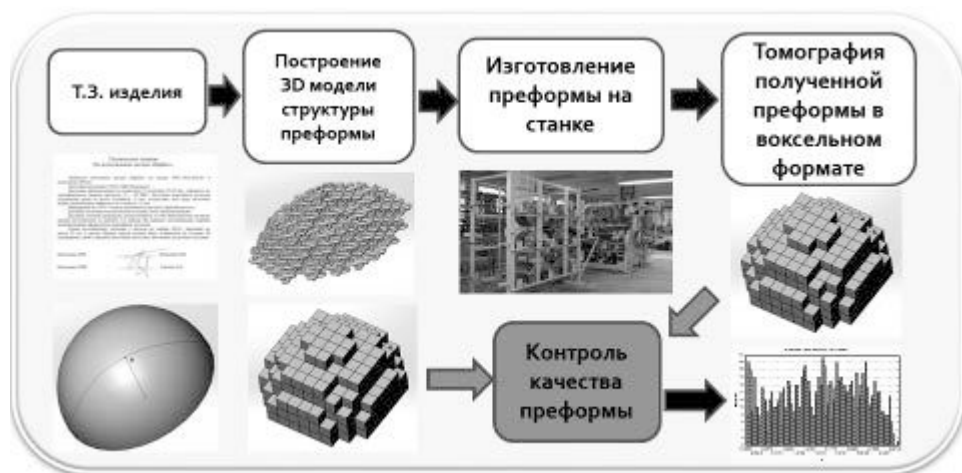


Рис.4. Графическое изображение концепции совмещения функций проектирования 3D цельнотканой преформы и функций контроля ее изготовления

Результатом работы такого подхода к проектированию 3D цельнотканых преформ будут являться гистограммы распределения отклонений положений нитей спроектированной и изготовленной преформе по всем трем координатным осям. Данная информация является исчерпывающей для оценки качества проектирования, влияния технологических режимов изготовления на геометрическое положение нитей в преформе, для оценки изменения геометрии преформы после пропитки и др.

Разработанная система проектирования 3D цельнотканых преформ предполагает и возможность ее реализации на ткацком оборудовании через интерфейс сопряжения с использованием САМ модуля. При этом очевидно, что основным требованием к оборудованию будет являться соблюдение принципа цифрового управления. Для этого разработан экспериментальный стенд для реализации технологии 3D цельнотканых преформ, изготовленный на основе модернизации станка АТ-60 с электронной кареткой управления ремизоподъемным механизмом. Внешний вид экспериментальной установки для производства 3D цельнотканых преформ представлен на рис. 5.



Рис.5. Внешний вид экспериментальной установки для производства 3D цельнотканых преформ

Установка позволяет производить 3D тканые армирующие структуры с толщиной до 50 мм с произвольными, заданными конструктором, видами структур переплетения нитей в каждом продольном сечении преформы.

Реализация предложенной концепции позволит сократить сроки проектирования новых композиционных изделий, спрогнозировать эксплуатационные характеристики изготавливаемых деталей с учетом их реальной структуры, а также снизить стоимость изготовления новой продукции.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Киселев М.В., Селиверстов В.Ю., Киселев А.М., Ляпунов Л.С. Проектирование и разработка технологии получения 3D-тканых полотен для производства композиционных материалов повышенной прочности / Корпоративный журнал дивизиона «Двигатели для гражданской авиации» АО «ОДК» Трамплин к успеху. №10. 2017. С. 36-37.
2. Ломов С.В. Прогнозирование строения и механических свойств тканей технического назначения методами математического моделирования. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский гос. университет технологии и дизайна.– 1995. 486 с.
3. Киселев М.В., Селиверстов В.Ю., Киселев А.М. Разработка методов проектирования, технологии и оборудования получения 3D-текстильных преформ методами ткачества для производства композиционных материалов с повышенными механическими свойствами / Российский рынок технического текстиля и нетканых материалов: наука и производ-ство в современных экономических условиях: сб. докладов I Междунар. науч.-практ. симпозиума, г. Москва, 25 февраля 2016 г. ЦВК «Экспоцентр». – М.: изд-во «БОС». – 2016. С.169 – 176.
4. Киселев М.В., Бенецкая В.В., Селиверстов В.Ю., Киселев А.М., Рудовский П.Н. Моделирование структуры 3D тканей / Изв. Вузов. Технология текстильной промышленности. – Иваново: ИвГПУ. – 2013. – № 3 (345). С.23 – 28.
5. Киселев М.В., Трещалин Ю.М., Хамматова В.В., Трещалин М.Ю., Киселев А.М. Исследование структуры нетканых материалов методом компьютерной томографии / Изв. Вузов. Технология текстильной промышленности. – Иваново: ИвГПУ. – 2015. – № 5 (359). С.31-35.

УДК 687.01

### **ВИРТУАЛЬНАЯ РЕАЛЬНОСТЬ КАК ОСНОВА НОВОЙ КОММУНИКАТИВНОЙ СРЕДЫ И ВЗАИМОСВЯЗИ ПРОИЗВОДИТЕЛЯ И ПОТРЕБИТЕЛЯ ОДЕЖДЫ**

### **VIRTUAL REALITY AS NEW COMMUNICATION ENVIRONMENT FOR PRODUCERS AND CONSUMERS OF CLOTHING**

В.Е. Кузьмичев  
V.E.Kuzmichev

Ивановский государственный политехнический университет  
Ivanovo State Polytechnic University  
E-mail: wkd37@list.ru

Рассмотрены базовые подходы к формированию коммуникативной среды, призванной объединить производителей и потребителей одежды в новой виртуальной реальности, снизить технологические риски и повысить уровень кастомизации потребительского рынка FashionNet. Рассмотрены семь основных объектов, относящихся к дизайн-проектированию, производству и ритейлу, без формализации которых невозможно создать устойчивую среду для общения всех участников.

Уровень достоверности виртуальной реальности составляет лишь 32 %, что характеризует состояние ее готовности к формированию новых бизнес-цепочек FashionNet пока как неудовлетворительное.

**Ключевые слова:** одежда, виртуальная среда, дизайн-проектирование, достоверность.

**New approaches that allow to form new communication environment between the producers and consumers of clothing as VR FashionNet, decrease the potential risks and increase of customization satisfaction were considered. Seven basic objects related to fashion design, manufacturing and retailing should be formalized completely for creating the stable environmental area for successful communication of specialists and consumers. Contemporary level of adequacy VR is 32 % yet that not enough for building new business relations.**

**Keywords:** clothing, virtual reality, design, adequacy.

Традиционный путь продвижения массового дизайнерского продукта, существующий с начала XX века, хорошо известен. Изменение традиционной траектории вызвано объективными причинами (сокращение материальных и трудовых затрат, повышение степени удовлетворенности потребителей и др.) стало возможным благодаря компьютерным технологиям, активно разрабатываемым для всех этапов конструкторско-технологической подготовки производства новых моделей, и переносе большинства производственных и коммерческих контактов в режим on-line. Количественные изменения на всех этапах проектирования, производства и потребления вызвали появление нового коммуникативного кросс-пространства, возникшего между дизайнером и потребителем и получившим название "виртуальная реальность" (от англ. virtual reality VR). Основу VR составляют новые информационные и коммуникационные технологии для построения каналов коммуникаций между всеми участниками, занятыми проектированием, производством, логистикой и ритейлом, на основе очень интенсивного использования искусственного интеллекта, машинного обучения и новых технологий сбора данных об одежде, потребительских предпочтениях и пользователях [1].

Основной проблемой создания устойчиво функционирующей среды VR является трудность формализации всех умений, знаний и правил, накопленных практикующими специалистами по созданию и материализации новых дизайнерских решений в области одежды, с одной стороны, и субъективных предпочтений потребителей при выборе одежды, с другой стороны. Проблема отчуждения знаний от носителей и их применения в VR успешно решена в ряде отраслей, ориентированных исключительно на копирование и повторение накопленного опыта (таким примером может служить обычная мультиварка, программное обеспечение которой хранит большое количество рецептов и воспроизводит алгоритмы приготовления разных видов пищи). Но перечень видов одежды, имеющих устойчивые признаки художественно-конструкторских решений и объемно-силуэтных форм и допускающих непрерывное копирование, относительно небольшой и включает классические must-have массового способа производства: джинсы, майки, мужские классические костюмы, некоторые варианты брюк и др. Всем очевидно, что львиную долю производимой одежды составляют непохожие друг на друга предметы, успешная реализация которых содержит множество рисков, включая и творческие.

Пространство VR формируют следующие объекты, внутренне самодостаточные, но неразрывно связанные друг с другом:

- на этапе проектирования:

1. Эскиз или технический рисунок новой модели одежды,
2. Текстильные материалы, из которых будет изготовлена одежда,
3. Чертежи плоских деталей новой модели одежды;

- на этапе производства:

4. Технология изготовления (сборки) одежды,
5. Готовая к реализации одежда;

- на этапах ритейла и логистики:

6. Аватар (манекен) типовой или нетиповой человеческой фигуры, являющийся потребителем одежды,

## 7. Система "аватар-одежда".

Основным требованием, предъявляемым к виртуальной коммуникативной среде между производителями и потребителями, является высокая реалистичность объектов и возникающих ситуаций.

Степень формализации всех умений, знаний и правил работы с перечисленными объектами, позволившая бы прогнозировать конечный результат с такой же вероятностью, которая в настоящее время достигнута в материальной реальности (англ. *real reality, RR*), названа нами *уровнем достоверности виртуальной реальности (УДВР)*. Для оценки УДВР мы использовали комплексный показатель для каждого выбранного объекта, который рассчитывали на основе следующих единичных показателей: динамика научных публикаций в журналах и научных конференциях; динамика регистрации программ для ЭВМ; наличие и наполнение соответствующих программных модулей в САПР; мнений экспертных сообществ. Оценку уровня достоверности проводили в сравнении с материальными аналогами по специальной шкале: высокий уровень (80-100 %), удовлетворительный (50-79 %), неудовлетворительный (20-49 %), требующий развития (ниже 19 %). В таблице приведены результаты оценки и современные подходы, используемые для формализации и оцифровывания всех семи объектов и их последующего согласованного функционирования в VR.

Таблица

Современное состояние объектов дизайн-проектирования и ритейла к переводу в VR

Характеристики объекта, требующие формализации для VR	Способы получения характеристик объекта и примеры исследований [...]	УДВР
<b>1. Эскиз или технический рисунок новой модели одежды</b>		
1.1. Проекционные параметры 2D или 3D модели одежды	Параметризация с помощью программ векторной или растровой графики	
<b>2. Аватар типовой или нетиповой человеческой фигуры</b>		
2.1. Объемно-пространственная форма в статике (морфологические признаки, проекционные параметры, пластика формы и др.)	1. Бодисканирование реальной фигуры с автоматическим получением цифрового реалистично-выглядящего аватара [2]	
	2. Оцифровывание реальной фигуры с помощью средств технического зрения с последующей обработкой облака точек и их адаптацией к условным аватарам [3]	
2.2. Объемно-пространственная форма и изменение ее показателей в динамике при выполнении различных движений	3. Моделирование формы аватара с помощью согласованного изменения размерных признаков на основе знаний базовых закономерностей для реальных фигур, как в большинстве современных САПР	
	4. Описание кинематических схем и моделирование скелета	
2.3. Мягкие ткани аватара и изменение их геометрических параметров под влиянием компрессионного и моделирующего воздействия одежды	Имитационная модель мягких тканей, согласующая изменения их условных объемов на разных антропометрических уровнях [4]	

2.4. Сенсорная чувствительность мягких тканей аватара	Моделирование сенсорных функций кожных покровов, ответственных за ощущение комфортности в зонах контакта одежды и поверхности аватара и в пододежном пространстве [5]	
2.5. Вес аватара и его распределение между фрагментами	Моделирование устойчивости аватара в пространстве	
<b>3. Текстильные материалы</b>		
3.1. Показатели свойств, проявляемые в плоском и объемном незамкнутом состояниях	Моделирование деформированного состояния материала [6]	
3.2. Показатели свойств сшивной текстильной оболочки, замкнутой вокруг частей аватара, имеющей меньшую, чем аватар, и изменяющей его форму	Имитационное моделирование напряженного состояния оболочки, вызванного принудительной деформацией мягких тканей и размерами оболочки на основе масс-пружинных и иных физических механизмов [7]	
3.3. Показатели свойств сшивной текстильной оболочки, замкнутой вокруг частей аватара и повторяющей его форму	Копирование форм аватара в оболочке	
3.4. Показатели свойств сшивной текстильной оболочки, замкнутой вокруг частей аватара и имеющей большую, чем аватар, форму	Моделирование формообразования материала на опорной и нижележащих участках аватара [8]	
3.5. Показатели анизотропии свойств материалов в местах их каркасирования ниточными, клеевыми и иных соединениями и приемами	Моделирование синергетических эффектов, вызываемых совместным действием разных объектов	
3.6. Показатели свойств пакетов, сформированных из нескольких материалов	Моделирование синергетических эффектов, вызываемых каркасированием основной оболочки изнутри	

<b>4. Чертежи плоских деталей</b>		
4.1. Чертежи базовых конструкций однослойной одежды	1. Параметризация контуров и линий внутреннего членения	
	2. Обоснование необходимого и достаточного числа размерных признаков, использованных для построения чертежей, описывающих морфологические особенности фигуры и допускающих однозначную "привязку" к фигуре	
	3. Автоматическая проверка соразмерности и сбалансированности чертежей	
4.2. Чертежи модельных конструкций, полученных из базовых чертежей без изменения объемно-силуэтной формы	1. Параметризация контуров и линий внутреннего членения	
	2. Автоматическая проверка соразмерности и сбалансированности чертежей	
4.3. Чертежи модельных конструкций, полученных из базовых чертежей с изменением объемно-силуэтной формы	1. Параметризация контуров и линий внутреннего членения	
	2. Выявление условий, обосновывающих однозначную "привязку" чертежей к фигуре	
	3. Автоматическая проверка соразмерности и сбалансированности чертежей	
<b>5. Технология изготовления (сборки)</b>		
5.1. Формообразование одежды в местах ниточных соединений деталей	Моделирование пространственного положения мест соединений под влиянием кривизны срезов деталей и принудительного изменения длины [9]	
5.2. Формообразование деталей и узлов после принудительной влажно-тепловой обработки	Моделирование состояния поверхности и контуров	
<b>6. Готовая одежда</b>		
6.1. Табель мер, необходимый и достаточный для проверки степени адаптации одежды к аватару	Согласование необходимого и достаточного числа измерений одежды для проверки ее пригодности фигурам, имеющих разные морфологические характеристики	
6.2. Информация о показателях свойств материалов		



7. Система "аватар-одежда"				
7.1. Соответствие между координатами конструктивных точек и уровней одежды и антропометрических точек и уровней аватара	Алгоритм сшивания деталей и локализации одежды на фигуре			
7.2. Статическое соответствие одежды аватару (соразмерность, сбалансированность, качество посадки)	Критерии и допуски соответствия для одежды с разной объемно-пространственной формой			
7.3. Динамическое соответствие одежды аватару	Критерии и допуски соответствия для одежды с разной объемно-пространственной формой			
7.4. Комфортность одежды	Критерии комфортности [10]			
7.5. Рекомендации по достижению гармонического соответствия модели одежды соматическому типу покупателя	Критерии гармонического соответствия одежды морфологическим особенностям фигуры [11]			
7.6. Возможность покупателя оценить новый имидж в окружающей среде	Моделирование окружающей среды и условий эксплуатации [12]			
<i>Примечание:</i>	<i>Высокий</i>	<i>Удовлетворительный</i>	<i>Неудовлетворительный</i>	<i>Недостаточный</i>

Из таблицы видно, что наименее формализованными являются характеристики следующих объектов (в порядке убывания): система "аватар - одежда", поскольку ее формализация требует качественно новых знаний преимущественно экспертного содержания; аватар; текстильные материалы. Наиболее разработанными является первый этап проектирования - эскизная разработка новой модели одежды - и презентация готовой одежды.

*УДВР* составляет лишь 32 %, что характеризует нынешнее состояние формализации семи основных объектов *VR* как неудовлетворительное и не позволяет говорить об устойчивости функционирования виртуальной коммуникативной среды. Пока удовлетворительная устойчивость достигнута для минимального числа видов одежды и ограниченного круга потребителей.

Для повышения *УДВР* будут рассмотрены и проанализированы основные причины появления и условия функционирования виртуального рынка одежды, тренды дизайнерской одежды и одежды масс-маркет, способы презентации новых моделей, каналы распространения информации, уровень компьютеризации художественно-конструкторских работ, позволяющих изготавливать кастомизированную одежду в течение нескольких дней на основе детальных знаний о потенциальной аудитории, новые формы on-line и off-line продаж, риски производителей и др. В докладе будет проанализирован опыт и перспективы развития виртуальной коммуникативной среды в Китае как наиболее развитой в мире, позволившей создать большую новую индустрию со множеством технологических игроков и огромным разнообразием.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Карчмарский, К. Fashion Tech. Рождение новой индустрии или трансформация старой? <http://www.forbes.ru/profile/342539-konstantin-karchmarskiy>
2. Кузьмичев, В.Е. Бодисканеры и одежда: новые технологии проектирования одежды (монография). - Саарбрюкен, LAMBERT Academic Publishing (Германия), 2012, 546 с.
3. Петросова И.А. Разработка методологии проектирования внешней формы одежды на основе трехмерного сканирования: диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук: 05.19.04. – Москва, МГУДТ, 2014. — 522 с.
4. Сеницкий, И.А. Моделирование мягких тканей виртуального манекена для проектирования корсетных изделий и белья / И.А. Сеницкий, Д.А. Васильев, А.Е.Горелова, Н.Л. Корнилова // Программные продукты и системы. - 2015. - 1 (109). - С. 167-172.
5. Кузьмичев, В.Е. Исследование компрессионной способности трикотажных материалов / В.Е.Кузьмичев, И.В.Тисленко, Чен Ч., Д.С.Адольф // Вестник технологического университета. - 2015. - Т.18, № 20. - С.179-181.
6. [www.human-solutions.com](http://www.human-solutions.com)
7. Григорьева, З.Р. Разработка способа учета свойств материалов в автоматизированном процессе проектирования одежды / З. Р.Григорьева, А.Е.Горелова, Н. Л.Корнилова // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности. - 2016. - 3 (33). - С. 55-59.
8. Янь, Ц. Инструменты для формообразования одежды свободной формы в виртуальном проектировании / Цзяци Янь, В.Е.Кузьмичев: Информационная среда вуза: материалы XXII международной науч.-техн. конф.23-25 ноября 2016. ИВГПУ, Иваново, с. 192-195.
9. Программа для ЭВМ для сшивания деталей при виртуальных примерках одежды, № 2016662782 от 22.11.2016 / Ван Сяоган, В.Е.Кузьмичев, Ли Юэ.
10. Го Мэнна. Разработка технологии виртуального проектирования одежды с элементами симуляции комфортности: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук: 05.19.04. - Иваново, ИВГПУ, 2015. - 215 с.
11. <http://www.uniqlo.com>

УДК 677.024

### **МОБИЛЬНЫЕ ПЛОСКОСВОРАЧИВАЕМЫЕ ТРУБОПРОВОДНЫЕ СИСТЕМЫ: РАСЧЁТЫ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ, ОСВОЕНИЕ НОВОГО ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВЕННОГО НАПРАВЛЕНИЯ**

### **MOBILE LAY-FLAT PIPELINE SYSTEM: RATIONAL DESIGN, DEVELOPMENT OF A NEW DOMESTIC MANUFACTURING INDUSTRY**

Б.А. Бахарев<sup>1</sup>, С.Г. Степанов<sup>2</sup>  
B.A. Bakharev<sup>1</sup>, S.G. Stepanov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ООО «Балтикфлекс» (мобильные трубопроводные системы) (Санкт-Петербург)

<sup>2</sup>Ивановский государственный политехнический университет

<sup>1</sup>Baltflex LLC (mobile pipeline systems) (St. Petersburg)

<sup>2</sup>Ivanovo State Polytechnic University (Ivanovo)

E-mail: bakharev@balticflex.ru; step-sg@mail.ru

Рассмотрены применение, устройство, преимущества, перспективы развития, новое научное направление в области расчета и проектирования мобильных трубопроводных систем на базе гибких плоскосворачиваемых рукавов из термопластичного полиуретана.

Ключевые слова: мобильные трубопроводные системы, гибкие плоскосворачиваемые рукава, устройство, преимущества, перспективы развития, научное направление в области расчета и проектирования.

**The application, device, advantages, development prospects, a new scientific direction in the calculation and designing of flexible pipeline system based on thermoplastic polyurethane lay-flat hoses.**

**Keywords: flexible pipeline system, lay-flat hoses, device, advantages, development prospects, scientific direction in the field of calculation and design.**

Мобильные трубопроводные системы (МТС) российского производителя ООО «Балтикфлекс» это комплекс из гибких плоскостворачиваемых рукавов (ГПР) на основе тканых армирующих каркасов с нанесенными на них внутренними и наружными слоями термопластичного полиуретана (ТПУ), а также деталей соединений и устройств свертывания, развертывания и хранения. Ключевым компонентом МТС, обеспечивающим широкий спектр их применения, являются рукава из термопластичного полиуретана (ТПУ). МТС нашли применение в качестве: временных водо - и нефтепроводов, нефтепродуктопроводов на нефтепромыслах и месторождениях; систем восстановления питьевого и хозяйственного водоснабжения, подачи и удаления воды в чрезвычайных ситуациях; бункеровки судов (использование для приема и передачи воды, нефти, нефтепродуктов, топлива, масла, химических грузов, льяльных и загрязненных вод между судами, в том числе на ходу, а также между судном и берегом); водоводов в золотодобывающей и горнодобывающей промышленности; легкомонтируемого пульпопровода, напорного водовода и др.

Одной из основных технологических операций по изготовлению ГПР является производимая на специальном оборудовании операция экструзии расплавленного ТПУ (около 200 °С) через предварительно изготовленный армирующий тканый каркас, в процессе которого заполняется пространство между нитями и образуется внутренний и наружный защитный слой из затвердевшего полиуретана. Армирующий каркас обеспечивает высокое рабочее давление трубопровода, а ТПУ обеспечивает износостойкость, маслобензостойкость, устойчивость к химическому, физическому, бактериальному воздействию, эрозии, гидролизу и ультрафиолетовому излучению. Помимо тканого армирующего каркаса, внутреннего и наружного слоев полиуретана в конструкцию ГПР входит антистатический провод. По своей структуре ГПР являются текстильными изделиями технического назначения, относящиеся к композиционным материалам.

Основным элементом ГПР является тканый армирующий каркас, который несет практически всю нагрузку, обусловленную давлением жидкости внутри ГПР, представляющий собой тканую бесшовную оболочку, производимую из синтетических нитей (полиэфирные, арамидные нити) на специальных круглоткацких станках.

Помимо наращивания производственных мощностей по выпуску ГПР важным этапом представляется развитие научно обоснованных методов расчета и рационального проектирования ГПР. Связано это с тем, что производство ГПР требует больших затрат исходных материалов – синтетических нитей (полиэфирных, дорогостоящих арамидных), ТПУ. Поэтому цена ошибки при проектировании ГПР велика. Для того, чтобы избежать перерасхода материалов, а, следовательно, и удорожания ГПР, исключить ошибки проектирования, приводящие к получению изделия не соответствующего техническим условиям, становится необходимой разработка научно обоснованной методики расчета и рационального проектирования ГПР.

Важной характеристикой прочности ГПР при действии внутреннего гидравлического давления находящейся в нем жидкости является разрывное давление, при котором ГПР разрушается. Величины разрывных давлений на все виды ГПР регламентируются техническими условиями.

В основу разработанной методики расчета и рационального проектирования ГПР положена полученная нами на основе нелинейной теории строения однослойных тканей зависимость разрывного внутреннего гидравлического давления в ГПР от разрывной нагрузки в уточной нити, геометрических плотностей и диаметров нитей, радиуса трубопровода, коэффициентов вертикального смятия нитей и других параметров тканого армирующего каркаса ГПР. Достоверность полученной зависимости подтверждена хорошим

совпадением расчетных значений разрывных давлений с имеющимися экспериментальными данными.

Разработанная методика позволяет выполнить важный этап производства новых ГПР, а именно рассчитать и спроектировать тканые армирующие каркасы рукавов, отвечающие требованиям технических условий по разрывному давлению, и одновременно обеспечить минимальный расход материала при производстве изделия.

Остановимся кратко на преимуществах МТС, произведенных с использованием ГПР производства ООО «Балтикфлекс»:

- пригодны к работе в сложных погодных условиях, в соприкосновении с морской водой, в условиях интенсивного воздействия солнечной радиации, высоких и низких температур, выдерживают комплексные переменные напряжения;
- возможность использования в сейсмоопасных районах;
- при прокладывании трубопровода из плоскостворачиваемых рукавов не требуется пригрузов; трубопровод может быть уложен в болотистую местность, может пересекать естественные водные преграды (реки, озера); не требуется подготовительных и земляных работ;
- отсутствуют высокие риски разрушения трубопровода при эксплуатации в сыпучих грунтах, включая пылеватые пески (грунты пльвуны), так как трубопровод прокладывается наземно;
- высокий газовый фактор перекачиваемой жидкости не оказывает существенного влияния на прочность и долговечность;
- отсутствие напряженно-деформированного состояния в процессе эксплуатации; отсутствие холодоломкости; не требуется компенсаторов;
- трубопроводы обладают высокой устойчивостью к истиранию, разрыву и раздиру, эластичностью и устойчивостью к многократным изгибам, пониженной остаточной деформацией после продолжительного действия нагрузки, устойчивостью к маслам, жирам, кислотам;
- нет необходимости привлечения специализированных организаций и приобретения специального оборудования и материалов; обучение собственного персонала не требует его высокой квалификации;
- непрерывная длина до 200 м и небольшое количество соединений минимизируют риск протечек;
- быстрое развертывание и свертывание с привлечением минимального количества людей и техники – до 10 км/ч;
- занимают минимум места при транспортировке и хранении, остатки продукта автоматически удаляются при свертывании;
- производительность на 20-30% больше, чем у обычной трубы с равным внутренним диаметром.

Одним из преимуществ МТС по сравнению с традиционными трубопроводами из стальных труб является скорость развертывания. Так, скорость монтажа трубопроводов из стальных труб ручным методом одной бригадой составляет 3-5 км в сутки, в то время, как скорость монтажа одной бригадой МТС составляет 5-10 км в час.

МТС производства ООО «Балтикфлекс» изготавливаются диаметрами 50 - 400 мм, рассчитаны на рабочие давления 1 – 6,3 МПа, рабочие температуры эксплуатации от -60 до 80 °С.

Указанные выше преимущества МТС послужили причиной существенного увеличения их производства в мире в последние годы. В настоящее время строятся новые заводы по выпуску ГПР в Китае, США, Европе.

В ближайшее время на заводе «Балтикфлекс» в Санкт-Петербурге будет введено в эксплуатацию новое оборудование, что позволит производить еще более качественную продукцию для нужд различных отраслей промышленности РФ.

## БИОПОЛИМЕРНЫЕ ВОЛОКНИСТЫЕ МАТЕРИАЛЫ С КОМПЛЕКСАМИ ПОРФИРИНА ДЛЯ МЕДИЦИНЫ

## BIOPOLYMER FIBER MATERIALS WITH PORPHYRIN COMPLEXES FOR MEDICINE

А.А. Ольхов<sup>1,2,3</sup>, П.М. Тюбаева<sup>1,4</sup>, О.В. Староверова<sup>3</sup>, С.Г. Карпова<sup>4</sup>,  
Лобанов А.В.<sup>3</sup>, Иорданский А.Л.<sup>3</sup>  
A.A. Olkhov.<sup>1,2,3</sup>, P.M. Tyubayeva<sup>1,4</sup>, O.V. Staroverova<sup>3</sup>, S.G. Karpova<sup>4</sup>,  
A.V. Lobanov<sup>3</sup>, A.L. Iordanskii<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Российский экономический университет им. Г. В. Плеханова, (Москва)

<sup>2</sup>Московский технологический университет (МИРЭА),

<sup>3</sup>Институт химической физики им. Н. Н. Семенова Российской академии наук, (Москва)

<sup>4</sup>Институт биохимической физики им. Н. М. Эмануэля  
Российской Академии наук, (Москва)

<sup>1</sup> Plekhanov Russian University of Economics, (Moscow)

<sup>2</sup> Moscow Technological University (MIREA), (Moscow)

<sup>3</sup>Semenov Institute of Chemical Physics, Russian Academy of Sciences,  
(Moscow)

<sup>4</sup>Emanuel Institute of Biochemical Physics, Russian Academy of Sciences,  
(Moscow)

E-mail: aolkhov72@yandex.ru

В статье рассмотрены нетканые волокнистые материалы на основе полигидроксибутирата и антибактерицидным комплексом порфирина. Материалы получены методом электроформования раствора полимера в хлороформе. Структура нетканых волокнистых материалов была исследована физико-механическим методом и ДСК. Полученные в данной работе волокнистые материалы являются новым классом полимерных модификаций биологически активных соединений с бактерицидными свойствами.

**Ключевые слова:** полигидроксибутират; комплекс порфирина; волокна; электроформование; структура.

Nonwoven fibrous materials based on polyhydroxybutyrate and antibacterial porphyrin complex are considered in the article. The materials were obtained by electroforming the polymer solution in chloroform. The structure of nonwoven fibrous materials was investigated by the physical-mechanical method and by DSC. The fibrous materials obtained in this work are a new class of polymer modifications of biologically active compounds with bactericidal properties.

**Key words:** polyhydroxybutyrate; porphyrin complex; fibers; electroforming; structure.

Создание терапевтических систем нового поколения на основе инновационного класса “умных” полимеров ставит перед специалистами новую задачу – разработку полимерных материалов с геометрией, структурой и функциями, которые соответствуют требованиям современной биомедицины.

Одним из перспективных видов матриц с антисептическими свойствами являются нано- и микроволокнистые нетканые материалы, получаемые методом электроформования (ЭФ). Метод основан на вытягивании полимерного раствора в тонкую струю в поле действия механических и электростатических сил и формированием волокна с диаметрами от 10 нм до 10 мкм [1].

Ранее в своих работах мы рассматривали структуру и свойства волокнистых материалов на основе: поли(3-гидроксибутирата), подвергнутого механической прокатке, ПГБ в смеси с диоксидами титана и кремния, композиции ПГБ – хитозан [2 - 5].

Внешнее электростатическое и гидростатическое воздействия, а также введение в формовочный полимерный раствор малых концентраций веществ и наночастиц различной химической природы оказывают существенное влияние на надмолекулярную структуру волокна. Кристалличность модифицированных волокон, как правило, возрастает, а аморфная фаза представляет собой бимодальную гетерофазную структуру. В результате электроформования морфология волокон чаще всего носит неравновесный характер, что приводит к ускорению процессов биодеградации и биорезорбции терапевтических систем на их основе. Вместе с тем использование природных полиэфиров этого типа позволяет получать биосовместимые с живым организмом и экологически безопасные материалы и изделия биомедицинского применения.

В ходе нашей исследовательской работы методом электроформования (ЭФ) получен волокнистый материала на основе природного биополимера полигидроксибутирата.

Для получения волокон использовали природный биоразлагаемый полимер полигидроксибутират (ПГБ) серии 16F, полученный методом микробиологического синтеза компанией BIOMER® (Германия). Средневязкостная молекулярная масса ПГБ составляла 2.06 10<sup>5</sup>, плотность: 1.248 г/см<sup>3</sup>, T<sub>пл</sub> = 177 °С, степень кристалличности ~58,9%.

В качестве модифицирующего вещества для создания волокнистых матриц с антисептическими свойствами использовали комплекс железа (III) с тетрафенилпорфирином (FeClTPP). Концентрация ПГБ в растворе составляла 7% мас. Содержание FeClTPP в формовочном растворе составляло 1; 3; и 5% мас., относительно массы ПГБ. Формовочные растворы ПГБ с FeClTPP готовили при температуре 60 оС используя автоматическую магнитную мешалку. Волокна получали методом ЭФ с помощью однокапиллярной лабораторной установки с диаметром капилляра 0,1 мм, напряжением электрического тока 12 кВ, расстоянии между электродами 18 см, электропроводности раствора 10 мкСм. Исследование образцов методом ДСК было проведено на приборе DSC 204 F1 фирмы Netzsch в среде аргона со скоростью нагрева 10 град./мин. Среднестатистическая ошибка измерения тепловых эффектов составляла ±3%. Энтальпия плавления была рассчитана по программе NETZSCH Proteus. Термический анализ 4.8.4 по стандартной методике [6]. Разделение пиков осуществлялось с помощью программного обеспечения NETZSCH Peak Separation 2006.01. Вычисления проводились комбинированным методом Гаусса-Ньютона, в котором метод Marquardt скомбинирован с оптимизацией длины шага итерации [7]. Геометрию волокнистых материалов исследовали с помощью сканирующего электронного микроскопа "Hitachi TM-3000" (Япония) при ускоряющем напряжении 20 кV. На поверхность образца нетканого волокнистого материала напыляли слой золота толщиной 100-200 Å.

Научный подход к решению проблемы создания высокоэффективных биополимерных волокнистых матриц с антисептическими свойствами, базируется на введении в структуру материала, получаемого методом волокнообразования в электростатическом поле из расплава природного биополимера - поли-3-гидроксибутирата (ПГБ), бактерицидного агента - комплекса порфирина (Fe-3-Cl-TPP) обладающего антимикробной и микробиологической активностью [8, 9]. Сущность данного подхода состоит в получении таких специфических наноструктурированных материалов медицинского назначения, которые могут обеспечить максимальную поверхностную плотность при минимальной площади контакта с тканями организма, в соответствии с требованиями физико-механических показателей и санитарно-гигиенических норм.

В зависимости от характеристик формовочного раствора биополимера и содержания дополнительных компонентов возможно варьирование технологических параметров процесса электроформования [10], за счет чего на практике удается подтвердить потенциальную возможность производства нетканых полотен медицинского назначения с заданными свойствами: благодаря существованию зависимостей между характеристиками материалоемкости: толщины, массы, отношения волокнистой массы к воздушному пространству материала, и характеристиками волокон нано- или микроразмеров (в

зависимости от задаваемых параметров процесса и показателей электропроводности, вязкости и концентрации формовочного раствора ПГБ в растворителе - хлороформе) [11]. Так волокнистая структура в зависимости от значений поверхностной и объемной плотности материала описывается через ориентацию волокон, разнотолщинность, плотность укладки, угол наклона.

Определение и анализ данных характеристик позволил обосновать возможность формирования набора характеристик в интервалах значений с учетом предъявляемых к медицинскому материалу требований. Результаты исследования материалоемкости данных материалов приведены в Таблице 1, что наглядно демонстрирует принцип изменения показателей различных свойств материала в зависимости от компонентного состава формовочного раствора.

Таблица 1

Влияние концентрации раствора ПГБ и технологической добавки на характеристики строения материала.

наименование образца: %, концентрация в р-ре ХФМ	средний диаметр волокон D, мкм	среднее значение толщины		индекс ориентации и волокон,	удельная плотность структуры, %	заполнение материала M, г/м		
		волокна B, мкм	материала, мкм					
5% ПГБ	0,6-0,7	32,9	81	0,49	74	48,89		
7% ПГБ	2,0-2,5	18,6	172	0,26	94	37,7		
9% ПГБ	3,0-3,5	32,8	239	0,69	89	45,2		
7% ПГБ	1% FeClTФП	2,5-3,0	27,8	128	0,34	93	26,6	
			3% FeClTФП	18,9	179	0,72	96	36
			5% FeClTФП	32,8	233	0,67	89	32

При анализе нетканых материалов методами ДСК и ЭПР было установлено, что введение FeClTФП в ПГБ приводит: во-первых, к росту степени кристалличности ПГБ, а во-вторых, к уплотнению аморфной фазы полимера при формировании волокна. Доля плотных областей при увеличении концентрации FeClTФП возрастает. Такие выводы были сделаны на основании табл. 2.

Таблица 2

Энтальпия ( $\Delta H$ ) и температура (T) плавления и кристаллизации ультратонких волокон ПГБ с порфирином (метод ДСК). Доля плотных областей ( $\alpha$ ) в аморфной фазе (метод ЭПР).

Параметр	ПГБ	ПГБ + 1% Fe-3ClTФП	ПГБ + 3% Fe-3ClTФП	ПГБ + 5% Fe-3ClTФП
$\Delta H_{пл}$ Дж/г	77	78	97	120
$T_{пл}$ 0C	169	170	169	169
$\Delta H_{кр}$ Дж/г	57	64	84	83
$T_{кр}$ 0C	66	68	89	76
$\alpha$ , %	94	95	99	99

Полученные в данной работе волокнистые материалы ПГБ – FeClTФП являются новым классом полимерных модификаций биологически активных соединений с бактерицидными свойствами. Это на сегодняшний день активно развивающейся отраслью химической технологии. Биологические испытания нетканых материалов показали, что

волокна, содержащие FeCl<sub>2</sub>TPP, активны в отношении бактериальных тест-культур. Это показывает актуальность и целесообразность создания на основе полимерных волокнистых матриц и металлокомплексов порфиринов средств дезинфекции в отношении условно-патогенных и патогенных микроорганизмов

Взаимное влияние кристаллических и аморфных областей в биоразлагаемых высококристаллических полимерах и их композициях остается достаточно сложной, мало изученной проблемой современного полимерного материаловедения. В данной работе на основе структурных исследований, сочетая методы ДСК и СЭМ, мы представили результаты влияния комплекса порфирина на кристалличность и морфологию нетканых материалов на основе ультратонких волокон ПГБ. Введение малых концентраций порфирина, приводит к заметным изменениям кристаллической организации ПГБ и как отклик на изменение геометрических параметров и плотности упаковки волокон.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Прокопчук Н.Р., Шашок Ж.С., Прищепенко Д.В., Меламед В.Д. Электроформование нановолокон из раствора хитозана (обзор) // Полимерные материалы и технологии. 2015. Т.1. №2. С. 36–56.
2. Karpova S. G., Iordanskii A. L., Motyakin M. V. и др. // Polym. Scien. A. 2015. V. 57. № 2. P. 131.
3. Ol'khov A. A., Iordanskii A. L., Staroverova O. V. и др. // Fibre Chem. 2016. V. 47. № 5. P. 348.
3. Karpova S. G., Ol'khov A. A., Iordanskii A. L. и др. // Polym. Scien. A. 2016. V. 58, No. 1. P. 76.
4. Кучеренко Е.Л., Косенко Р.Ю., Филатова А.Г. и др. // Сб. тр. XXI Ежегодной науч. конф. Ин-та хим. физики им. Н.Н. Семенова Российской академии наук. Секция “Динамика химических и биологических процессов”. М., Российский университет дружбы народов, 2016. С. 16.
5. Opfermann J. // Rechentechneik - Datenverarbeitung. 1985. V. 23. № 3. P. 26.
6. Stephen Z. D., Cheng et al. Handbook of Thermal Analysis and Calorimetry, Applications to Polymers and Plastics. Amsterdam; Boston; London: Elsevier 2002. V. 3. 859 p.
7. Березин Б.Д. Координационные соединения порфиринов и фталцианина. М.: Наука. 1978. – 280 с.
8. Лобанов А.В., Неврова О.В., Илатовский В.А., Синько Г.В., Комиссаров Г.Г. Координационные и фотокаталитические свойства металлпорфиринов в разложении пероксида водорода // Макрогетероциклы. 2011. Т. 4. №2. С. 132-134
9. Филатов Ю.Н. Электроформование волокнистых материалов (ЭФВ-процесс) – М.: Нефть и газ, 1997. – 298 с.
10. Ol'khov A.A., Iordanskii A.L., Staroverova O.V., Gumargalieva K.Z., Sklyanchuk E.D., Gur'ev V.V., Abbasov T.A., Ishchenko A.A., Rogovina S.Z., Berlin A.A. Structure-formation features in ultrathin fibers of poly(3-hydroxybutyrate) modified with nanoparticles // Fibre Chemistry. 2016. Vol. 47. No. 5. P. 348 – 361.



**НЕТКАНЫЕ МЕМБРАННЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ МЕТОДОМ  
ЭЛЕКТРОФОРМОВАНИЯ ИЗ МОДИФИЦИРОВАННЫХ РАСТВОРОВ  
ПОЛИЭФИРУРЕТАНОВ**

**NONWOVEN MEMBRANE MATERIALS OBTAINED BY ELECTROSPINNING FROM  
MODIFIED POLYURETHANES SOLUTIONS**

В.В.Миронцева, Г.М. Коваленко, Е.С. Бокова, К.С. Стежка  
V.V. Mirontseva, G.M. Kovalenko, E.S. Bokova, K.S. Stezhka

Российский государственный университет имени А.Н.Косыгина  
(Технологии. Дизайн. Искусство) (Москва)  
The Kosygin State University of Russia (Moscow)

E-mail: vasilisa.mirontseva@mail.ru, gregoryi84@mail.ru, esbokova@yandex.ru,  
kseniya.stezhka.93@mail.ru

В работе изучена возможность получения волокон и нетканых материалов из модифицированных растворов полиэфируретанов методом электроформования. Исследованы метастабильные растворы полиэфируретана в диметилформамиде, содержащие различные модифицирующие добавки: полиакриловую кислоту (до 50%), поливиниловый спирт (до 25%) и их смесевые композиции в соотношении 1:1. Выявлены технологические режимы процесса электропрядения модифицированных растворов полиэфируретанов с целью получения нановолокон и нетканых полотен на их основе.

**Ключевые слова:** полиэфируретаны; электроформование волокон; нетканые материалы; мембранные материалы; гигиенические свойства

The possibility of obtaining fibers and nonwoven materials from modified solutions of polyurethanes by the method of electrospinning is studied in this work. Metastable solutions of polyurethane in dimethylformamide containing various modifying additives were studied: polyacrylic acid (up to 50%), polyvinyl alcohol (up to 25%) and their mixture compositions in the ratio 1: 1. The technological regimes of the electrospinning process of modified solutions of polyester-urethanes have been revealed in order to produce nanofibers and non-woven fabrics based on them.

**Key words:** polyurethanes; electroforming of fibers, nonwoven materials; membrane materials; hygienic properties

Одной из перспективных технологий настоящего времени является метод электроформования, позволяющий получать «умные» материалы («smart materials») с заданным комплексом свойств, широко применяемые в различных отраслях жизнедеятельности человека [1]. Использование различных способов электропрядения, таких как электрокапиллярный, электроцентробежный и бесфильтерный (Nanospider<sup>TM</sup>), позволяет получать нетканые материалы из волокон микро- и наноразмерного ряда со сверхразвитой удельной поверхностью и высокими показателями гигиенических свойств. Однако, такие нетканые полотна не отвечают ряду требований по показателям физико-механических свойств (стираемость, прочность при растяжении и разрыве и т.д.), предъявляемых к материалам, применяемым при конструировании одежды и обуви.

Вполне логичным решением данной проблемы является использование материала, состоящего из нескольких слоев различной структуры, каждый из которых несет определенную функцию, вносит вклад в конечные свойства готового изделия, где нетканые матрицы, полученные методом электроформования, могут выступать в качестве дышащих мембран. В целом такие комбинированные материалы называют «мембранным пакетом».

Широко известными производителями продукции, созданной с применением мембранных пакетов, являются такие марки, как Gore-Tex (США), Polartec Neoshell (США), eVent (Япония), Pertex (Великобритания, Япония), Columbia (США), Termit (РФ).

«Мембранный пакет» Gore-Tex представляет собой многослойный материал, первым слоем которого является трикотажная или тканевая подложка, обладающая высокими органолептическими характеристиками по отношению к телу человека. Затем может быть использован слой утеплителя, в том случае, если он нужен, например, в одежде и обуви для зимних видов спорта. Следующим слоем является очень тонкая (около 0,01 мм) микропористая пленочная мембрана из полиэтилентерефталата (1.4 млрд пор на см<sup>2</sup>), отвечающая за паропроницаемость комбинированного материала, что позволяет излишнему количеству влаги выходить наружу, обеспечивая отвод испаряющегося с поверхности тела пота. При этом мембрана не позволяет воде из внешней среды проникать через материал. Мембрана размещается между подложкой и внешним слоем изделия, завершающим конструкцию пакета и обеспечивающим готовому материалу прочность, износостойкость и ветронепроницаемость для поддержания комфортного микроклимата [3].

Серьезную конкуренцию вышеописанному материалу составляет Neoshell - водонепроницаемый дышащий материал от компании Polartec, созданный на основе полиуретановой нетканой мембраны с субмикронным размером волокон. Вода не проникает через мембранный материал, но такая структура мембраны обеспечивает высокие значения паропроницаемости. Мембрана ламинируется слоями ткани с обеих сторон. Внутренний слой ткани максимально легкий и воздухопроницаемый. Внешний слой изготавливается из эластичной прочной ткани, обеспечивающей высокие показатели физико-механических свойств готового изделия. Такая конструкция так же обеспечивает однонаправленный воздухообмен, выводя наружу водяной пар и воздух, и одновременно полностью защищая от внешней влаги. Однако, за счет применения не пленочной, а волокнистой мембраны, вышеуказанные свойства достигаются при существенно меньшем весе материала по сравнению с известными в настоящее время мембранными технологиями [4].

Исходя из вышесказанного, создание «мембранных пакетов» на основе наноструктурированных волокнисто-пористых материалов с градиентной структурой является актуальной задачей.

Целью работы – исследование рецептурно-технологических факторов процесса электроформования волокон из метастабильных растворов полиэфируретанов (ПЭУ) и изучение влияния содержания осадителей различной природы на процесс их электроформования.

Объектом исследования в работе был полиэфируретан марки Витур ТМ-1413-85 с молекулярной массой  $4 \cdot 10^4$ , (ООО НВП «ВЛАДИПУР», г. Владимир), растворителем ПЭУ - N,N-диметилформамид (ДМФА), в качестве модификаторов растворов использовали: полиакриловую кислоту (ПАК) с молекулярной массой  $2 \cdot 10^5$  (ООО «Научно-исследовательский институт химии и технологии полимеров имени академика Каргина с опытным заводом», Россия), поливиниловый спирт (ПВС) с молекулярной массой  $8,4 \cdot 10^4$  с содержанием ацетатных групп порядка 10% (фирмы «Celvol» (США), а также их смесевые композиции.

Из литературных данных известно о возможности получения нетканых волокнистых материалов методом электроформования из растворов таких полимеров как ПЭУ, ПАК, ПВС [2, 5]. В ранее проведенных работах была показана возможность получения бездефектных волокнистых материалов из ПЭУ отечественной марки Витур и были описаны рецептурно-технологические факторы процесса электроформования [6]. Показано, что оптимальной формовочной композицией является раствор ПЭУ в ДМФА с концентрацией 15% по полимеру (рис.1.).

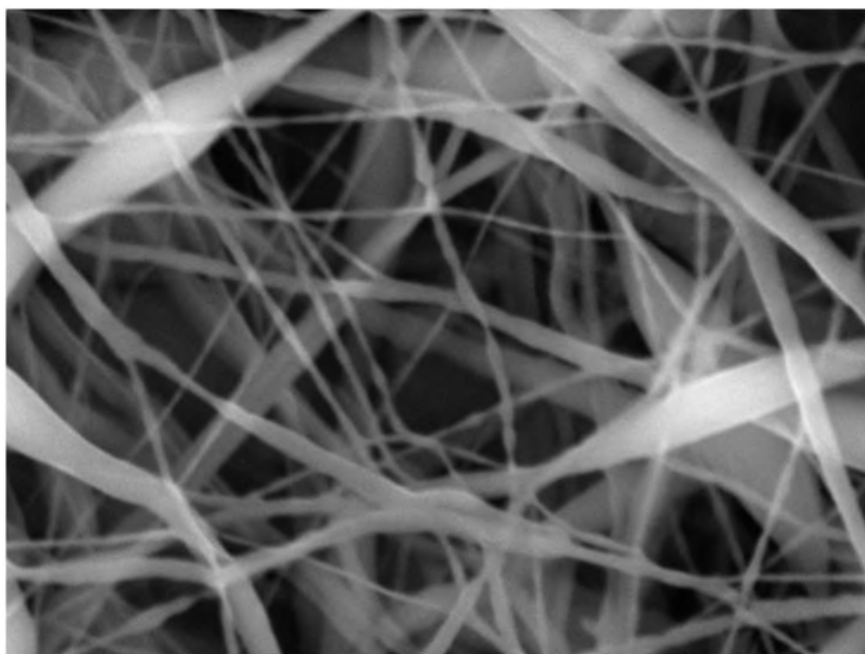


Рис. 1. Микрофотографии волокон, полученных по методу Nanospider™ из раствора ПЭУ с концентрацией 15% (увеличение в 9000 раз)

Однако, ввиду гидрофобности ПЭУ, представляло интерес получение нетканых материалов из его смесевых композиций с добавлением гидрофильных полимеров, таких как ПАК и ПВС для создания мембранных материалов с высокими показателями гигиенических свойств, для применения в конструкциях спортивной и туристической обуви и одежды.

Известно, что метастабильные растворы полимеров образуются при переходе однофазной системы (гомогенного раствора) в двухфазную, без термодинамического разделения. Перевод раствора в метастабильное состояние возможен в результате изменения температуры системы, а также путём добавления осадителя (осаждающей системы).

Для оценки устойчивости к осаждению в работе применяли турбидиметрическое титрование раствора полиэфируретана растворами ПВС и ПАК, а также смесью ПАК-ПВС в соотношении 1:1 в общем растворителе – диметилформамиде. Для нахождения областей термодинамической совместимости ПЭУ, ПАК и ПВС, а также области метастабильного состояния применяли метод построения фазовых диаграмм по точкам помутнения [7]. В результате анализа фазовых диаграмм было показано, что максимально возможная концентрация гидрофильных полимеров в растворе полиэфируретана составляет: для полиакриловой кислоты – до 75 % по массе, для поливинилового спирта – до 25%, для смеси ПАК-ПВС в соотношении 1:1 – до 25 %.

Методом электроформования по технологии Nanospider™ были получены волокна и нетканые материалы из метастабильных растворов ПЭУ. В результате исследований рецептурно-технологических факторов (таб. 1), было установлено, что процесс электропрядения идёт наиболее стабильно из композиции следующего состава: полиэфируретан – смесь (ПАК – ПВС) в соотношении 3:1. При этом, как показал анализ изображений, полученных методом электронно-сканирующей микроскопии, в структуре материала имеет место большое количество дефектов в виде капель и «груш», не смотря на в целом на устойчивый процесс электропрядения.

Рецептурно-технологические факторы процесса электроформования модифицированного раствора полиэфируретана в диметилформамиде с концентрацией 15%.

Состав раствора	Концентрация раствора, %	Свойства растворов			Характер процесса электроформования	Средний диаметр волокон, нм
		Динамическая вязкость, Па·с	Электропроводность, См/м	Поверхностное натяжение, Н/м·10 <sup>-3</sup>		
ПЭУ: (ПАК-ПВС)=3:1	15	0,475	0,35	50,3	устойчивое электроформование	150-300



Рис. 2. Микрофотографии волокон, полученных по методу Nanospider™ из формовочной композиции ПЭУ:(ПАК:ПВС)=3:1 (увеличение в 5000 раз)

Таким образом, в работе была изучена возможность формирования нановолокон и нетканых материалов методом электроформования из метастабильных растворов полиэфируретана, модифицированных гидрофильными добавками ПАК и ПВС. Установлено, что данная технология при соответствующей доработке может представлять практический интерес для создания составных частей «мембранных пакетов» с высокоразвитой удельной поверхностью и гидрофильностью.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Филатов Ю.Н. Электроформование волокнистых материалов (ЭФВ процесс): М.: Нефть и Газ, 1997 г. – С. 297.
2. Рылкова М.В., Бокова Е.С., Коваленко Г.М. Использование водорастворимых полимеров и интерполимерных комплексов для создания нановолокнистых материалов методом электроформования // Пластические массы. 2013. № 8. С. 58-61.
3. Электронный ресурс Gore-tex. Дата обращения 19.03.17. <http://www.gore-tex.ru/ru-ru/tekhnologii/membrana-gore-tex>
4. Электронный ресурс Baskcompany. Дата обращения 21.03.17. [http://baskcompany.ru/info/news/polartec\\_neoshell.html](http://baskcompany.ru/info/news/polartec_neoshell.html).

5. Лаврентьев А.В., Бокова Е.С., Коваленко Г.М., Щуров П.М. Электроформование волокнистых материалов из модифицированных растворов полиэфируретанов//Химические волокна. 2012. № 3. С. 16-19.
6. Миронцева В.В., Коваленко Г.М., Бокова Е.С. Получение нетканых материалов из композиций на основе полиэфируретана методом электроформования // Сборник материалов межд. научно-техн. конф. «Инновации-2016». т.1. С. 200-202.
7. Бокова Е.С. Физико-химические основы и технология модификации растворов полимеров в производстве волокнисто-пористых материалов: дис. на соиск. уч. ст. д.т.н., Москва, МГУДТ, 2007. 467 с.

УДК 677.11.08

## ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ НАНОПОРИСТЫХ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ЛЬНЯНОГО ВОЛОКНА И Na-МОНТМОРИЛЛОНИТА

### STUDY OF SORPTION PROPERTIES OF NANOPOROUS COMPOSITES FROM FLAX FIBERS AND Na-MONTMORILLONITE

О.В. Лепилова  
O.V. Lepilova

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

**В работе получены новые гибридные композитные сорбенты на основе льняного волокна и Na-монтмориллонита. По результатам оценки показателей площади удельной поверхности и суммарного внутреннего объема пор выявлен неаддитивный характер развития поровой структуры формируемых систем за счет прироста мезопоровых пространств. Экспериментально установлена перспективность использования Na-монтмориллонита в качестве добавки для обеспечения повышения сорбционной емкости к красителю метиленовому голубому в 1,6 раза и до 2,2 раз к ионам меди и цинка.**

**Ключевые слова:** льняное волокно; Na-монтмориллонит; гибридные композитные сорбенты; поровая структура; сорбционные свойства.

**A new hybrid composite sorbents from flax fibre and Na-montmorillonite were obtained in this study. The evaluation rates of the square of the specific surface and the total internal pore volume showed non-additive nature of the development of the pore structure formed due to increase mezopores. The perspectivity of use the Na-montmorillonite as an additive to increase of the sorption capacity to dye methylene blue in 1.6 times and to copper and zinc ions of 2,2 times having been experimentally established.**

**Keywords:** flax fiber; Na-montmorillonite; hybrid composite sorbents; pore structure; sorption properties.

В условиях нарастающей тенденции загрязнения окружающей среды, в том числе пресных вод стоками промышленных предприятий, актуален поиск эффективных дешевых экологически безопасных сорбентов. В настоящее время отсутствуют средства, в равной степени, удовлетворяющие современным требованиям по скорости и полноте связывания техногенных загрязнений, безопасности их последующей утилизации, а также экономичности их получения и применения. Синтетические сорбенты обладают высокими сорбционными свойствами, но вследствие высокой стоимости требуют поиска возможностей их повторного применения и специальных способов очистки, а также особых условий захоронения в связи с низкой способностью к естественной биодеградации. Природные материалы на основе органического или минерального сырья характеризуются невысокой стоимостью, что обуславливает возможность их однократного использования, но при этом уступают синтетическим материалам в широте спектра и эффективности

действия. Перспективным направлением решения проблемы является создание гибридных органо-неорганических материалов на основе природного сырья, приближающихся по функциональным свойствам к уровню синтетических сорбентов, но лишенных их специфических недостатков.

В настоящее время особый интерес в мировой практике сосредоточен на получении новых видов сорбентов на основе дешевого возобновляемого растительного сырья, в частности, льноволокнистых материалов. Проводимые исследования базируются на сформированных прорывных направлениях использования биокатализируемых процессов для наноструктурной модификации отечественного льняного сырья при получении текстильных полуфабрикатов [1-3] и изделий [4]. Вместе с тем область применения биотехнологий для создания сорбционных материалов и композитов на их основе является малоизученной [5].

Как известно, сорбционная активность природных полимеров недостаточно высока и может быть существенно улучшена путем их направленной модификации [6] или за счет наполнения различными функциональными добавками, в том числе глинистыми минералами [7]. В частности, монтмориллонит, как наиболее дешевый представитель этой группы, способный к проявлению высоких сорбционных свойств, может быть использован для усиления поглотительной способности сорбентов из растительного сырья. В научной литературе представлена обширная информация о структурной организации данного слоистого силиката и о получении композитов на его основе с различным наполнением [8]. Сведения о возможности получения гибридных композитов на основе монтмориллонита и волокнистого материала отсутствуют. При этом остается неясной природа взаимодействий этих компонентов в системе.

В связи с этим цель работы состояла в обосновании возможности получения нанопористых композитов из льняного волокна и Na-монтмориллонита на основании сопоставительной оценки изменений поровой структуры и проявляемых ими сорбционных свойств.

В работе использованы суровая ровница чесаного льняного волокна № 16 (г. Вологда) и препарат натриевого монтмориллонита (Na-ММ) Даш-Салахнинского месторождения (Азербайджан). При получении бикомпонентных сорбентов для набухания Na-ММ маточную водную суспензию выдерживали в течение 24 ч с последующим приготовлением рабочих растворов методом разбавления. Льняное волокно (ЛВ) обрабатывали дисперсией Na-ММ при 50°C в течение 2 ч для обеспечения набухания связующих веществ льняных комплексов, в т.ч. их клеящей основы - полиуронидных соединений, способных к адгезионному связыванию частиц минерального наполнителя. Нанесение Na-ММ на волокнистый носитель варьировали от 0 до 50 мас.%. Эффективность иммобилизации глинистого минерала на волокнистой основе оценивали по изменению привеса образцов после обработки в дистиллированной воде (гидромодуль 50) при комнатной температуре в течение 20 мин без перемешивания или 5 мин при перемешивании лопастной мешалкой со скоростью 30 об/мин. Характеристику сформированных образцов как нанопористых композитов на основе ЛВ и Na-ММ проводили по результатам определения закономерностей изменения поровой структуры формируемых бинарных систем в набухшем состоянии с использованием стандартных методов. Величину суммарного внутреннего объема пор  $V_{II}$  определяли в соответствии с ГОСТ 17219-71 по данным равновесной сорбции воды. Величину показателя общей площади удельной поверхности  $S_{уд}$  (*общ*) определяли по результатам сорбции йода (ГОСТ 6217-74). Величину удельной поверхности мезопоровых пространств  $S_{уд}$  (*мезо*) определяли из данных проявления сорбционной активности по отношению к красителю метиленовому голубому (ГОСТ 13144-79) при pH раствора 3,0. По разности этих показателей находили величину, соответствующую микропоровым пространствам:  $S_{уд}(\text{микро}) = S_{уд}(\text{общ}) - S_{уд}(\text{мезо})$ . Сорбционную активность образцов в отношении токсинов органической природы моделировали с применением в качестве

молекулярного маркера красителя метиленовой голубой (МГ) при pH 6...6,5. Сорбцию минеральных загрязнений оценивали по поглощению ионов  $\text{Cu}^{2+}$  и  $\text{Zn}^{2+}$  [9].

При формировании бинарной системы частицы Na-ММ могут удерживаться на льноволокнистой основе механически, либо за счет адгезионных взаимодействий, обеспечивающих технологически необходимый эффект иммобилизации наполнителя. В связи с этим задачи исследования включают определение степени адгезионного связывания Na-ММ, а также оценку возможного влияния иммобилизации на характеристики внутренней структуры материала.

Представленные на рис. 1 результаты оценки остаточного содержания Na-ММ после промывки образцов ( $G_{\text{ост}}$ ) демонстрируют, что нарушение линейного хода кр. 1 наблюдается, начиная с величины исходного количества нанесенного на волокно глинистого минерала ( $G_{\text{Н}}$ ) 20 мас.%. Потери массы образца обусловлены миграцией в неперемешиваемую промывную жидкость той доли Na-ММ, которая не имеет даже механической связи с волокнистой матрицей. При этом в выбранных условиях гидродинамического воздействия, моделирующих режим применения сорбента в потоке очищаемой жидкости, содержание несмывающегося наполнителя фиксируется на уровне 10 мас.%. По-видимому, это значение можно рассматривать как степень иммобилизованного Na-ММ в структуре сформированного нанокompозита.

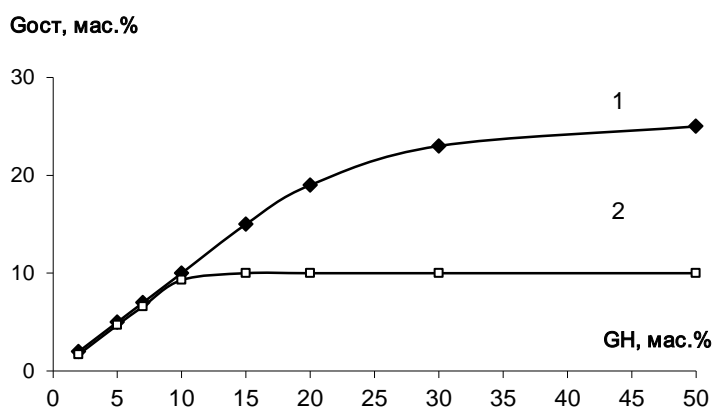


Рис. 1. Влияние количества нанесенного Na-ММ на льняном волокне на его десорбцию водой без перемешивания (1) и при перемешивании со скоростью 30 об./мин (2)

Правомочность признания продукта с содержанием Na-ММ до 10 мас.% композитом, а не механической смесью компонентов подтверждают представленные в табл. 1 результаты оценки параметров поровой структуры исходных веществ и бинарных систем.

Таблица 1

Характеристики поровой структуры композитов в зависимости от долевого содержания монтмориллонита

Соотношение ЛВ : Na-ММ в образце	$V_{\text{П}}$ , см <sup>3</sup> /г	Площадь удельной поверхности в набухшем состоянии, м <sup>2</sup> /г			
		$S_{\text{уд}}(\text{общ})$		$S_{\text{уд}}(\text{мезо})$	
		расчет (аддитивное)	эксперимент	расчет (аддитивное)	эксперимент
100 : 0	0,070	-	11,7	-	10,7
98 : 2	0,077	29,3	29,9	28,3	28,9
95 : 5	0,086	55,6	57,2	54,7	56,2
93 : 7	0,091	73,2	74,9	72,3	73,8
90 : 10	0,097	99,6	101,3	98,7	100,3

0 : 100	0,270	-	890,8	-	890,7
---------	-------	---	-------	---	-------

Анализ полученных экспериментальных данных свидетельствует, что значения параметров внутренней структуры комплексных систем имеют неаддитивный характер изменений с учетом долевого содержания компонентов. Поскольку размерные параметры частиц Na-ММ превышают уровень 10 мкм, правомерно исключить возможность внедрения наполнителя в структуру элементарного льняного волокна. Изменения показателей пористости гибридных материалов могут быть обусловлены взаимодействием слоистого минерала с межклеточным веществом комплексного волокна. При этом, как свидетельствуют результаты исследования, адгезионный контакт не сопровождается блокированием сорбирующей поверхности частиц Na-ММ. Более того, взаимодействие обеспечивает дополнительное увеличение параметров поровой структуры. В частности, величина неаддитивного приращения показателя  $V_{II}$  возрастает с 4 до 7 % в исследуемом интервале повышения массовой доли Na-ММ.

Сопоставление экспериментальных и расчетных значений показателя  $S_{уд(общ)}$  демонстрирует, что дополнительный прирост стабилизируется на уровне, достигаемом при 5%-ном содержании Na-ММ. Нетрудно видеть, что как в исходных компонентах, так и в формируемых композитах внутренняя структура преимущественно обладает параметрами мезопоровых пространств. При этом с применением другого независимого экспериментального метода получен согласующийся результат о нарастании величины неаддитивного увеличения  $S_{уд(мезо)}$  по мере увеличения доли Na-ММ до 5 мас.% с дальнейшей стабилизацией величины приращения.

Вполне вероятно, что дополнительный прирост параметров пористости обусловлен эффектом интеркаляции полимерных цепей (или их фрагментов) межклеточных связующих веществ комплексного льняного волокна в слоистую структуру набухших частиц Na-ММ, что обуславливает их фиксацию на волокне с увеличенными значениями межплоскостных расстояний и препятствует обратимому их уплотнению при удалении влаги из получаемого композитного материала. Практически важным результатом является подтверждение возможности надежной иммобилизации на поверхности льняного носителя 10 мас.% слоистого минерального сорбента без потери его сорбционной способности. При этом, судя по величине  $S_{уд(мезо)}$ , потенциал эффективно работающих мезопоровых пространств композита можно повысить практически в 10 раз по сравнению с исходным волокнистым материалом.

Данные рис. 2 иллюстрируют изменения кинетики поглощения модельного молекулярного маркера МГ образцами исследуемых сорбентов при 20 °С.

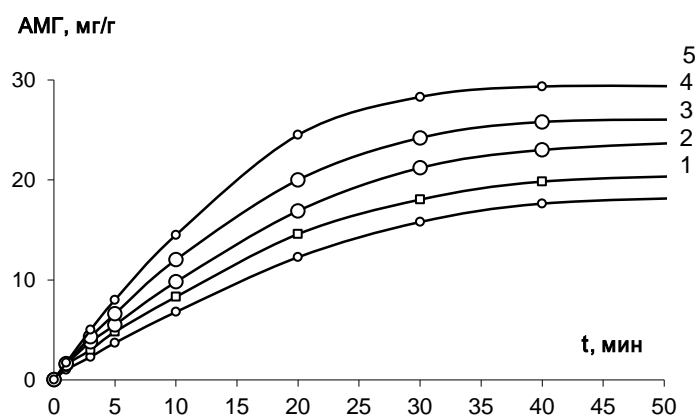


Рис. 2. Кинетические кривые сорбции МГ льняным волокном (1) и композитами с содержанием Na-ММ 2, 5, 7 и 10 мас.% (соответственно кр. 2, 3, 4 и 5)



Анализ темпов роста показателя на начальных прямолинейных участках кривых показывает, что для композита с 10%-ным содержанием Na-ММ скорость поглощения маркера в 2 раза превышает уровень показателя для немодифицированного ЛВ. Период достижения равновесия сокращается с 60 мин (кр. 1) до 40 мин (кр. 5). Вместе с тем композитный материал на протяжении всего указанного промежутка времени можно рассматривать как эффективно работающую систему, поглотительная способность которой даже на заключительном участке кривой сопоставима с сорбционной активностью исходного льноволокнистого материала. Результирующий показатель сорбции маркера в 1,6 раза превышает уровень поглотительной способности немодифицированного льняного волокна за соответствующий временной промежуток.

Развитие поровой системы сорбента находит неодинаковое отражение при поглощении различных веществ, что позволяет получать эффекты селективного изменения сорбционной способности материалов. В табл. 2 представлены результаты оценки изменения сорбционной емкости исследуемых образцов по отношению к ионам меди ( $A_{Cu}$ ) и цинка ( $A_{Zn}$ ).

Анализ представленных данных позволяет сделать заключение, что для обоих видов сорбируемого маркера воспроизводится ранее установленный эффект неаддитивного увеличения сорбционной емкости бикомпонентных материалов, тем самым подтверждая композиционный характер их структурной организации, обеспечивающей улучшение функциональных свойств. Относительный прирост над аддитивными значениями максимален для 5%-ного содержания Na-ММ и составляет около 20% фиксируемых значений сорбционной емкости.

Следует заметить, что данный вид сорбционных маркеров мог бы чувствительно отреагировать на изменение субмикроскопических пор поглощающей системы. Однако, исходя из данных табл. 1, нетрудно определить, что на долю  $S_{уд}$  (*микро*) приходится малая часть удельной поверхности как в исходном льноволокнистом компоненте, так и в формируемых

Таблица 2

Изменение сорбционных характеристик нанокompозитов на основе льняного волокна и монтмориллонита в отношении токсинов минеральной природы

Соотношение ЛВ : Na-ММ в образце	Сорбционная емкость, мг/г	
	$A_{Cu}$	$A_{Zn}$
100 : 0	6,70	6,50
98 : 2	8,53	8,37
95 : 5	11,27	11,13
93 : 7	12,68	12,32
90 : 10	14,26	14,09
0 : 100	67,20	65,24

гибридных композитах. При этом по абсолютному значению вклад микропор в суммарный свободный объем материала не изменяется. В полученных характеристиках сорбционной активности материалов преимущественное отражение находят изменения, происходящие в мезопоровой составляющей свободного объема. Достижимый прирост равновесной сорбции на гибридных сорбентах с 10%-ным содержанием Na-ММ достигает 2,1...2,2 раза от уровня немодифицированного льноволокна.

Таким образом, экспериментально установлено, что при введении добавок монтмориллонита до 10 масс.% происходит адгезионное взаимодействие его частиц с

льноволокнистой матрицей, что позволяет характеризовать полученные образцы как гибридные композиционные материалы. Установлено, что нанокompозиты имеют развитую мезопоровую структуру и высокую сорбционную активность к токсинам органической и неорганической природы по сравнению с льняным волокном. Подтверждение иммобилизованного состояния частиц глинистого минерала в полученных высокопористых композиционных сорбентах на основе льняного волокна обуславливает перспективность их применения, в частности, для очистки водных сред от загрязнений органической и неорганической природы.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №15-43-03075р\_центр\_а с использованием оборудования Центра коллективного пользования «Верхневолжский региональный центр физико-химических исследований».

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Лепилова О.В., Алеева С.В., Кокшаров С.А. Влияние продуктов ферментативной деструкции углеводных примесей льняного волокна на разрушение лигнина. // Известия ВУЗов. Химия и химическая технология. 2007. Т. 50. №7. С. 71-74.
2. Koksharov S., Aleeva S., Lepilova O. Nanostructural biochemical modification of flax fiber in the processes of its preparation for spinning. // *Autex Research Journal*. 2015. Vol. 15. N 3. P. 215-225.
3. Алеева С.В., Кокшаров С.А. Влияние химических способов подготовки льняного волокна на свойства формируемой пряжи // Известия ВУЗов. Технология текстильной промышленности. 2015. №6 (360). С. 94-98.
4. Лепилова О.В., Алеева С.В., Кокшаров С.А. Новые возможности использования ферментативного катализа при подготовке и белении льняных тканей // Известия ВУЗов. Технология текстильной промышленности. 2009. № 3. С. 51-55.
5. Чешкова А.В., Логинова В.А., Буров А.А. и др. Экотехнология биохимической котонизации низкосортного льна для получения сорбентов и строительных нетканых материалов // В сб. Экологические проблемы промышленных городов. Саратов. 2015. С. 303-305.
6. Лепилова О.В., Алеева С.В., Кочкина Н.Е. Исследование влияния наноразмерного состояния белковых катализаторов на изменение пористости льняных текстильных материалов // *Электронный научный журнал*. 2015. № 2. С. 186-190.
7. Kochkina N.E., Khokhlova Y.V., Skobeleva O.A. Investigation of cationic starch/NA-montmorillonite bionanocomposite adsorbent prepared by vibration milling for acid dye removal // *Particulate Science and Technology*. 2016. Vol. 34. N 3. P. 1-6.
8. Герасин В.А., Антипов Е.М., Карбушев В.В. и др. Новые подходы к созданию гибридных полимерных нанокompозитов: от конструкционных материалов к высокотехнологичным применениям // *Успехи химии*. 2013. Т. 82. № 4. С. 303-332.
9. Шварценбах Г., Флашка Г. Комплексонометрическое титрование. М. Химия: 1970. 360 с.

## БИОЗАЩИТНАЯ ОТДЕЛКА ЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ ТКАНЕЙ ПРЕПАРАТАМИ С НАНОЧАСТИЦАМИ СЕРЕБРА

### BIOPROTECTIVE FINISHING OF CELLULOSE FABRICS BY THE PREPARATIONS WITH SILVER NANOPARTICLES

Н.С. Дымникова  
N.S. Dymnikova

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

Методами спектроскопии и визуальных наблюдений проведена сравнительная оценка результатов восстановления серебра в присутствии различных реагентов (химических восстановителей, катионоактивных полиэлектролитов, экстрактов из лубяных волокон). Из синтезированных золь выявлены наиболее эффективные для защиты целлюлозных материалов от биоразрушения при воздействии почвенной микрофлоры.

Ключевые слова: синтез; наночастицы серебра; полиэлектролиты; целлюлозные волокна; антимикробная и антигрибковая активность.

By the methods of spectroscopy and visual observations the comparative assessment of results of silver reduction in the presence of various reagents (chemical reducers, cation-active polyelectrolytes, bast-fiber extracts) was carried out. Among the synthesized sols the most effective ones for protection of cellulose materials against biodestruction in case of influence of soil microflora were revealed.

Key words: synthesis; silver nanoparticles; polyelectrolytes; cellulose fibers; antimicrobial and antimycotic activity.

В условиях активизации борьбы с возрастающим количеством микробных инфекций, резистентных к антибиотикам и антисептикам, особую актуальность приобретают исследования, направленные на создание биологически активных наночастиц металлов (НЧ). Преимущества воздействия НЧ по сравнению с массивными и ионными формами, более низкая токсичность НЧ в сравнении с токсичностью их солей, возможность проявления синергизма свойств материалов центрального ядра и стабилизирующих компонентов открывают перспективу создания новых эффективных антимикробных реагентов для использования в медицине, технике и технологиях [1-3]. В свете указанной проблемы наиболее важной задачей является совершенствование приёмов формирования ультрадисперсных частиц металлов и стабильных золь для модификации полимерных матриц.

В данной работе проведена оценка влияния синтезированных в различных условиях серебросодержащих препаратов на их эффективность в обеспечении биоактивности и биозащиты целлюлозосодержащих текстильных материалов.

Наиболее экономичным и современным приемом формирования биологически активных металлических частиц, не требующим сложного аппаратного оформления, является химическое восстановление металла до нульвалентного состояния из растворов их солей восстановителями с высокой реакционной способностью в присутствии стабилизаторов.

Для обоснованного выбора восстановителя при синтезе наночастиц серебра были получены оптические спектры поглощения растворов с  $\text{НЧ}_{\text{Ag}}$ , синтезированными в присутствии желатина в качестве стабилизатора и восстановителей различной природы (рис. 1). Наночастицы серебра синтезировали в открытой ячейке при температуре  $20 - 80 \pm 0,5$  °С при рН 7-12.. В водный раствор, содержащий нитрат серебра и стабилизатор вводили при

постоянном перемешивании раствор восстановителя. Синтезированные золи хранили в закрытых колбах.

В табл. 1 приведены условия синтеза и количественные показатели спектральных данных. Они указывают на зависимость количества и размеров образующихся наночастиц серебра от природы восстановителя. Так, при использовании тиосульфата натрия максимальное значение оптической плотности наблюдается при 420 нм, гидросульфита натрия – 411 нм, а борогидрида натрия – 400 нм. Следовательно, в случае синтеза ультрадисперсных частиц серебра, использование борогидрида натрия позволяет получать большее количество  $\text{НЧ}_{\text{Ag}}$ , с меньшими размерами. Применение сильного восстановителя позволяет увеличить начальную скорость реакции и обеспечить появление большого числа зародышей в гомогенной системе, но, в то же время, создает проблемы обеспечения стабильности растущих частиц.

Таблица 1

Условия синтеза наночастиц серебра и данные спектрофотометрических исследований

№	Восстановитель	Концентрация, М	Температура синтеза, °С	рН	$\lambda_{\text{max}}$ , нм	Опт. плотность	Размеры $\text{НЧ}_{\text{Ag}}$ , нм
1	Боргидрид натрия	0,02	20	7	400	0,99	40
2	Гидросульфит натрия	0,06	40	12	411	0,74	80
3	Тиосульфат натрия	0,08	80	12	420	0,67	150

Эффективным приемом усиления бактерицидного действия формируемых ультрадисперсных частиц серебра является включение в их стабилизирующую оболочку полимеров, обладающих антимикробной активностью и способных повышать субстантивность  $\text{НЧ}_{\text{Ag}}$  по отношению к целлюлозе. В качестве таких полимеров нами был выбран высокомолекулярный катионный полиэлектролит (КПЭ). В присутствии отрицательно заряженного полимера (при соприкосновении с водной фазой целлюлозный материал приобретает отрицательный заряд [4,5]) за счет электростатического взаимодействия будет происходить образование локальных высоких концентраций комплекса  $\text{НЧ}_{\text{Ag}}$  - КПЭ и их сорбция на поверхности материала.

Для обоснованного выбора концентрации КПЭ в препарате был исследован процесс формирования ультрадисперсных металлических частиц серебра ( $1,9 \cdot 10^{-3}$  моль·л<sup>-1</sup>) и процесс сорбции синтезированного препарата целлюлозным материалом. Динамику синтеза  $\text{НЧ}_{\text{Ag}}$ , их размеры и агрегативную устойчивость оценивали на основании анализа спектров поглощения их коллоидов (см. рис. 1).

Формирование узкой интенсивной симметричной полосы (кривая 1 на рис. 1 (а) с  $\lambda_{\text{max}}$  410 нм) свидетельствует об образовании в золях однородных  $\text{НЧ}_{\text{Ag}}$  с узким распределением по размерам. Практически полное совпадение кривых 2-6 с кривой 1 на рис. 1 (а) указывает, что присутствие КПЭ в гомогенной системе не приводит к уменьшению образования  $\text{НЧ}_{\text{Ag}}$  в водной дисперсии.

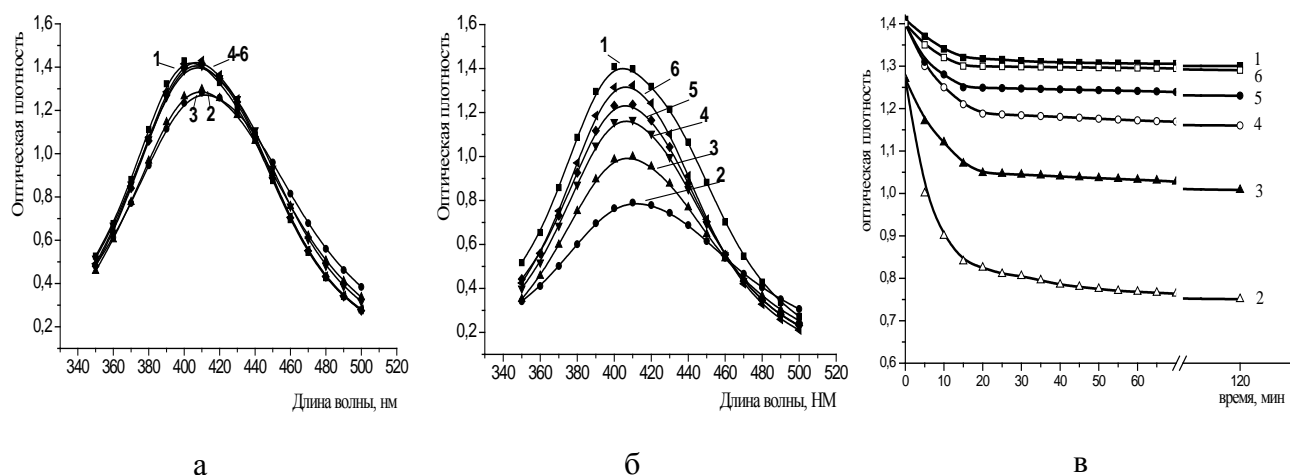


Рис. 1. Спектры поглощения золей  $\text{Ag}^0$  ( $1,9 \cdot 10^{-3}$  моль·л<sup>-1</sup>) до обработки ткани (а), после обработки ткани (б) и кинетика изменения оптической плотности золей после обработки целлюлозного материала (в) при концентрации КПЭ, г/л: 1- 0; 2- 0,2; 3- 0,3; 4- 0,5; 5- 0,8; 6- 1,0

В таблице 2 приведены данные, количественно характеризующие влияние КПЭ на сорбцию  $\text{НЧ}_{\text{Ag}}$  (концентрация серебра в препарате  $1,9 \cdot 10^{-3}$  моль·л<sup>-1</sup>) целлюлозным материалом: изменение оптической плотности при  $\lambda_{\text{max}}$  410 нм в гетерогенной системе целлюлоза – серебросодержащие золи ( $\Delta D_{410}$ ) по сравнению со спектрами до обработки материала; рассчитанный на основании спектрофотометрических данных коэффициент равновесного распределения серебросодержащего золя между раствором и целлюлозным материалом (К, %); интенсивность окраски модифицированного серебросодержащим золем текстильного материала, полученная с помощью компьютерной программы «Colorist», и содержание наночастиц серебра в волокнистом субстрате, вычисленное по предварительно построенному калибровочному графику, отражающему зависимость интенсивности окраски материала (1/L, %) от содержания в нём  $\text{НЧ}_{\text{Ag}}$  (мг/г волокна).

Результаты, представленные в таблице 2, показывают, что при введении 0,2 г/л КПЭ интенсивность окраски ткани возрастает в 1,5-1,7 раза и, соответственно, выбираемость золей серебра целлюлозным материалом увеличивается в 6-11 раз.

Таблица 2

Влияние КПЭ на сорбцию серебряных золей целлюлозным материалом

Наименование показателя	Концентрация КПЭ (г/л):					
	0	0,2	0,3	0,5	0,8	1,0
$\Delta D_{410}$	0,02	0,5	0,3	0,2	0,18	0,11
К, %	2	60	35	20	18	10
Интенсивность окраски $1/L \cdot 10^{-3}$	11,8	20,0	14,8	13,7	12,9	12,4
Содержание $\text{Ag}^0$ , мг/г волокна	0,10	1,16	0,50	0,35	0,25	0,20

Очень перспективным и приемлемым для практического применения является способ химического восстановления солей серебра в присутствии природных высокомолекулярных соединений (так называемый «зеленый синтез»). Интересной нам представилась возможность использования при формировании  $\text{НЧ}$  серебра экстрактов лубяных волокон. Было установлено, что экстрагируемые из лубяных культур соединения способны обеспечивать агрегативную устойчивость коллоидных растворов серебра, а при создании

необходимых условий - участвовать и в окислительно-восстановительных процессах.

На рис. 2 показаны кинетические кривые восстановления ионов серебра в растворе экстракта (без введения восстановителя) при температуре 90°C. Анализ проб, отобранных в процессе эксперимента, показывает, что при данных условиях синтеза уже через 2 мин наблюдается четко выраженная полоса поглощения наночастиц серебра при 420 нм (рис. 2, кривая 2), отвечающая плазмонному пику НЧ серебра, что указывает на появление в растворе металлических наночастиц [6,7].

Увеличение интенсивности поглощения в максимуме полосы с течением времени связано с продолжением процесса восстановления серебра и увеличением числа частиц (рис. 2, кривые 3- 5). После экспозиции в течение 5-7 мин спектр поглощения золя практически не изменяется, что свидетельствует о завершении формирования наночастиц при данных условиях синтеза и об отсутствии активной агрегации частиц.

Образующиеся частицы способны существовать продолжительное время, о чем свидетельствуют незначительные изменения спектральной кривой, полученной спустя 30 дней после восстановления (рис. 2, кривая 6). Однако небольшое увеличение полуширины данной полосы до 55 нм связано с появлением в растворе крупных НЧ.

Подтверждением данного вывода является анализ спектров фотонной корреляционной спектроскопии, характеризующих размеры образующихся частиц в системе Ag – экстракт (рис. 2, б и 2,в).

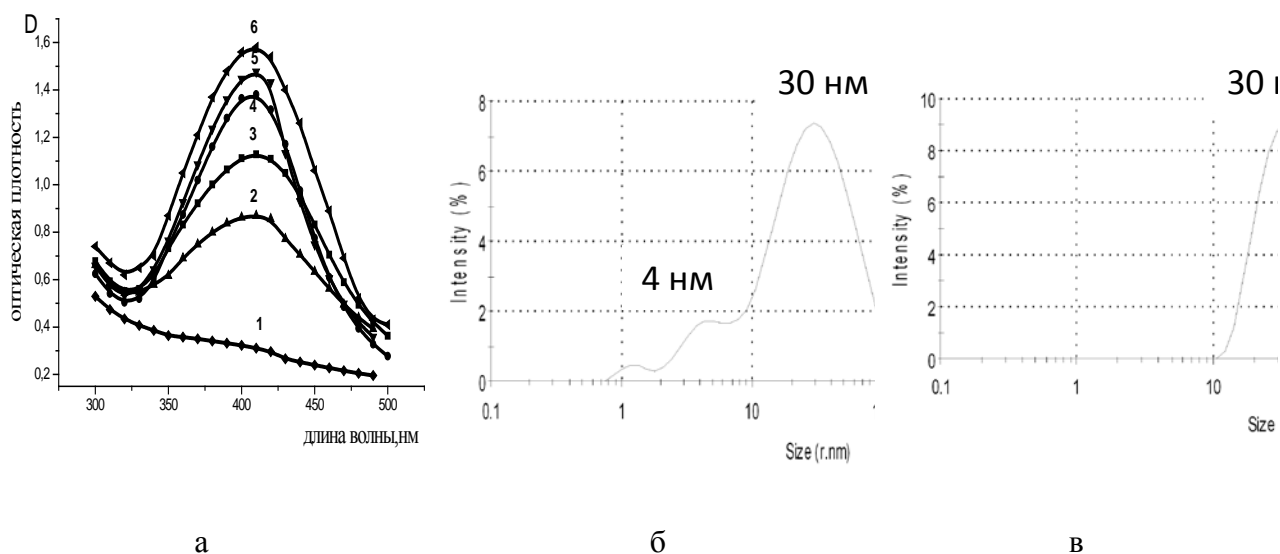


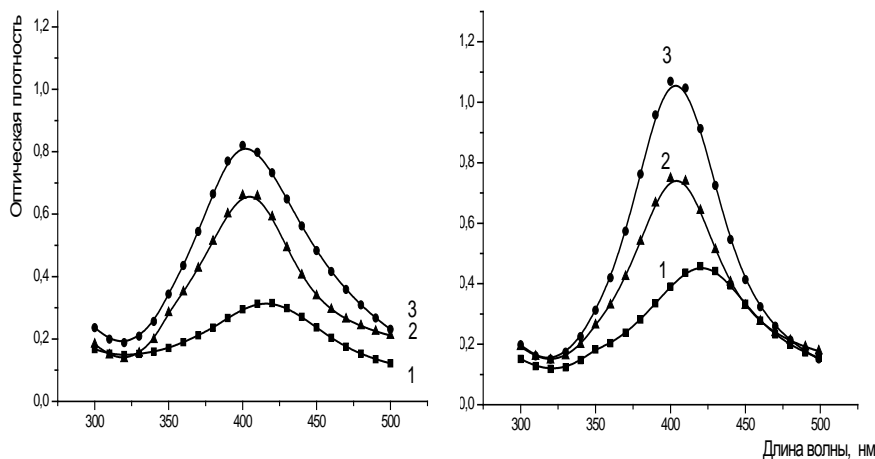
Рис. 2 Кинетические кривые процесса формирования ультрадисперсных частиц серебра в присутствии природных полимеров, выделяемых из растительного сырья:

1 – 1 мин., 2 – 2 мин., 3 – 3 мин., 4 – 5 мин., 5 – 7 мин., 6 – 30 суток (при 20°C);

Спектры распределения НЧ<sub>Ag</sub>. по размерам в системе Ag – экстракт сразу после синтеза (б) и через 30 дней (в)

Третьим направлением наших исследований явились процессы синтеза наночастиц серебра химическим восстановлением в водных растворах их малорастворимых солей, когда параллельно могут протекать процессы твердофазного восстановления ионов металлов в решетке микрокристалла и процессы с участием ионов металла, перешедших из твердого вещества в раствор. При этом важно, что переводом металла в высокодисперсное состояние обеспечивают несвойственную его малорастворимым солям антимикробную активность.

В качестве прекурсоров использовали соли серебра, различающиеся растворимостью на 5-40 порядков (ПР от  $1,6 \cdot 10^{-5}$  до  $8,5 \cdot 10^{-45}$ ). Труднорастворимые соли получали путем медленного добавления к водному раствору нитрата серебра водных растворов солей с соответствующими анионами.



( а )

( б )

Рис. 3 Спектры поглощения золей серебра, полученных восстановлением тетрагидроборатом: 1 - гексацианоферрата (IY) серебра; 2 – хлорида серебра; 3 – сульфата серебра.

Время формирования золей, час: а– 24; б – 144.

Из представленных на рис. 3 спектров следует, что образование наночастиц существенно зависит от растворимости соли. Так, гексацианоферрат серебра, с наиболее низкой растворимостью в воде ( $ПР = 8,5 \cdot 10^{-45}$ ), восстанавливается очень медленно. Даже по истечении суток спектральная кривая 1 (рис. 3а) имеет размытый максимум. Напротив, спектры хлорида серебра ( $ПР = 1,78 \cdot 10^{-10}$ ) и сульфата серебра ( $ПР = 1,6 \cdot 10^{-5}$ ) характеризуются более выраженным максимумом в области 400 нм (крив. 2 и 3, рис. 3).

При выдерживании золей в течение 6 суток (рис. 3 б) зоны экстремумов всех солей становятся более выраженными, что свидетельствует о длительности процесса самоорганизации в исследуемых системах.

Интересным представлялось оценить уровень биоактивности синтезированных препаратов. Фотографии на рис. 4, характеризующие количество микроорганизмов, сохраняющих свою жизнедеятельность вблизи антимикробных препаратов, являются наглядным подтверждением воздействия реагентов на микробиологические культуры. Ореолы вокруг образцов (зоны ингибирования) различаются по диаметру, что является доказательством различной эффективности препаратов.

Известный факт, что наночастицы серебра (образец №1) с различной эффективностью воздействуют на тест- культуры, проявляют более высокую активность по отношению к грамположительными культурам в сравнении с грамотрицательными доказываемся и представленными фото.

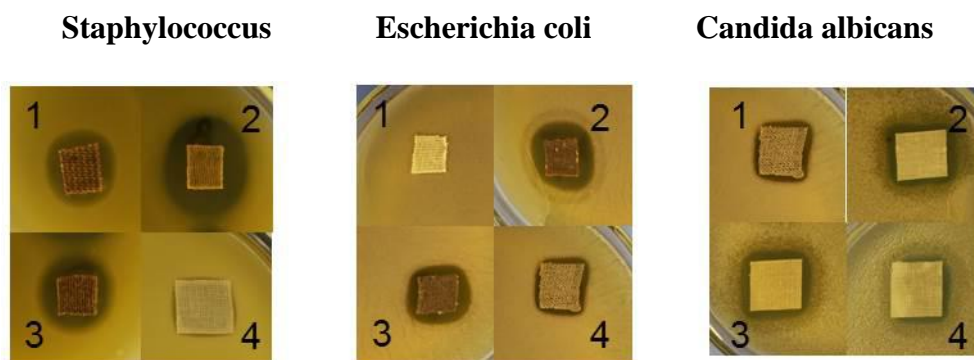


Рис.4. Влияние целлюлозных матриц, модифицированных золями серебра на зоны задержки роста тест-культур. Номера образцов см. в табл.3

Однозначно можно сделать вывод о высокой эффективности препарата №2. Включение в стабилизирующую оболочку наночастиц серебра полимеров, обладающих антимикробной активностью, приводит к синергетическому усилению биологической активности реагентов.

Вместе с тем следует обратить внимание на достаточно высокие антимикробные эффекты материалов, которые обеспечены при использовании препарата №3, синтезированного экономичным методом при использовании экологически безопасных природных соединений.

Результаты оценки биозащищенности изготовленных экспериментальных образцов отбеленной хлопчатобумажной ткани и суровой льно-хлопковой ткани брезент приведены в табл. 3.

Согласно представленным данным, ткани, необработанные препаратами, после 14-дневного выдерживания в агрессивной биосистеме (почвенной микрофлоре) разрушаются практически полностью. Коэффициенты устойчивости данных образцов к биодеструкции составляют 5-20 %. В аналогичных условиях экспериментальные образцы, модифицированные препаратами, синтезированными химическим способом в присутствии КПЭ или экстракте из лубяных волокон, проявляют высокую стойкость к биоразрушению и их коэффициенты устойчивости превышают норматив, установленный ГОСТ 9.060 (не менее 80 %).

Несколько хуже защищают ткани препараты, синтезированные по 1 и 4 способу. Очевидно, для достижения более высокого уровня защиты необходимо увеличение концентрации серебра.

Таблица 3

Показатели устойчивости к микробиологическому разрушению текстильных материалов

№ образца	Способ синтеза	Показатели устойчивости материалов, обработанных препаратами с НЧ <sub>Ag</sub> при культивировании естественного комплекса микрофлоры		
		обрастание плесневыми грибами, балл	наличие специфического запаха	Коэффициент устойчивости к биодеструкции, %
<b>Бязь отбеленная</b>				
	исходная (необработанная)	0	+	20
1	Химическое восстановление	0	-	80



2	Химическое восстановление в присутствии КПЭ	0	-	96
3	Восстановление в экстракте	0	-	90
4	Восстановление из хлорида серебра	0	-	82
<b>Брезент суровый</b>				
исходный (необработанный)		4	+	5
1	Химическое восстановление	0	-	75
2	Химическое восстановление в присутствии КПЭ	0	-	95
3	Восстановление в экстракте	0	-	88
4	Восстановление из хлорида серебра	0	-	80

## ЛИТЕРАТУРА

1. Сосенкова Л.С., Егорова Е.М. Наночастицы серебра малого размера для исследований биологических эффектов //Журнал физической химии, 2011. т.85. №2. с. 317-326.
2. Патент РФ № 2446810 (опубл. 10.04.2012). Антимикробные агенты. /Глущенко Н.Н., Богословская О.А., Рахметова А.А., Алексеева Т.П., Овсянникова М.Н., Ольховская И. П., Лейпунский И.О., Жигач А.Н., Дымникова Н.С., Галашина В.Н
3. Помогайло А.Д. Гибридные полимер-неорганические нанокомпозиты //Успехи химии. 2000. т. 69. В.1. С. 60-85.
4. Мельников Б.Н. Физико-химические основы процессов отделочного производства /Б.Н. Мельников, Т.Д. Захарова, М.Н. Кириллова.- М.: Легкая и пищевая промышленность. 1982. – 280 с.
5. Кричевский Г.Е. Химическая технология текстильных материалов: учеб. Пос. для вузов в 3-х томах. Т.2 Колорирование текстильных материалов Г.Е. Кричевский. - М.:Росс.заоч.ин-т текстильной и легкой промышленности. 2001.- 540 с.
6. Помогайло А.Д., Розенберг А.С., Уфлянд И.Е. Наночастицы металлов в полимерах. М.: Химия. 2000 г. 671 с.
7. Рогач А.Л., Хвалюк В.Н., Гурин В.С. Образование высокодисперсного серебра при восстановлении ионов  $Ag^+$  в водных растворах // Коллоидный журнал. 1994. Т.56. №12. С. 276- 278.

**ВЛИЯНИЕ КОМПОНЕНТОВ ПОЛИМЕРНОЙ СИСТЕМЫ  
НА ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА ЛЬНОВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**INFLUENCE OF POLUMERIC SYSTEM COMPONENTS TO FUNCTIONAL  
PROPERTIES OF FLAX MATERIALS**

С.В. Алеева  
S.V. Aleeva

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

В докладе обоснованы подходы к установлению вида закономерностей «состав-свойство», отражающего ключевую роль отдельных видов полимерных спутников целлюлозы в составе лубяного пучка в изменении важнейших технологических свойств трепаного льняного волокна, в том числе его прядомых характеристик и сорбционной способности. Разработана многопараметровая зависимость, отражающая специфику влияния полимерных компонентов льноволокнистых материалов на величину внутренней удельной поверхности сорбента в воздушно сухом состоянии, а также возможности повышения доступности поровой структуры субстрата путем варьирования массовой доли спутников целлюлозы в перерабатываемом сырье.

Ключевые слова: льняное волокно; полимерный состав; физико-механические свойства; удельная поверхность; описание взаимосвязи.

The accesses to the determination of the type for regularities "structure-property" which are characterize the key role of the certain types of the cellulose polymer companions in the bast to change of the most important technological properties of the scutched flax fibre including his spinning characteristics and sorption capacity having been founded in report. The multiparameter dependence characterising the influence nature of polymer components from flax materials to the value of internal specific surface area of the air-dry sorbent and the possibility to increase of the pore substrate accessibility by variation of the mass proportion of the cellulose companions at the reprocess raw having been developed.

Keywords: flax fibre; polymer composition; physical and mechanical properties; specific surface area; description of the interconnection.

Многолетний опыт исследований в области изучения химико-морфологических свойств лубоволокнистых материалов широкого спектра селекционных сортов льна-долгунца [1-3] позволил экспериментально обосновать наличие определяющей роли полимерных компонентов льноволокна в изменении важнейших технологических характеристик текстильных полуфабрикатов и готовой продукции [4-6]. Разрабатываемые подходы к формализации имеющихся взаимосвязей позволили установить, что для отдельных видов показателей физико-механических свойств льняного волокна существует определенная совокупность полимерных спутников целлюлозы в составе лубяного пучка, которая оказывает первостепенное влияние на величину контролируемого параметра.

В частности, математическая обработка совокупности данных о полимерном составе 60 образцов трепаного волокна селекционных сортов льна-долгунца с различной предысторией его получения дает следующий вид многопараметровой эмпирической модели «состав-свойство» для показателя гибкости волокна  $\Gamma$  (мм), определяемого по методике [7]:

$$\Gamma = 291,37 - 2,2399 \cdot \Gamma_{\text{ц}} - 48,6781 \cdot \text{Л} + 2,5858 \cdot \text{Л}^2, \quad R = 0,9775 \quad (1)$$

Зависимость (1) с достаточно высокой степенью аппроксимации описывает совокупность экспериментальных данных и демонстрирует, что гибкость объекта определяется, прежде всего, массовой долей гемицеллюлоз ( $\Gamma_{\text{ц}}$ , масс. %), составляющих

основу гумми-веществ в паренхимных тканях льняного стебля, и содержанием лигнина (Л, масс. %). Причем, влияние нейтральных полисахаридов корректно отражается линейной функцией, а вклад лигниновых примесей описывается полиномиальной функцией второй степени. Данный характер зависимости обусловлен, по-видимому, высокой чувствительностью показателя  $\Gamma$  к содержанию лигнина в межклетных образованиях льняных комплексов ( $\leq 8,0$  масс.%) и малой его зависимостью при более высоких значениях Л, связанных с присутствием в материале примесей костры. Пектиновые вещества (П) не оказывают определяющего влияния на степень гибкости льняных комплексов. Наличие соответствующих тенденций при графическом представлении экспериментальных данных на рис.1 демонстрирует оправданность примененного варианта описания совокупного влияния примесей.

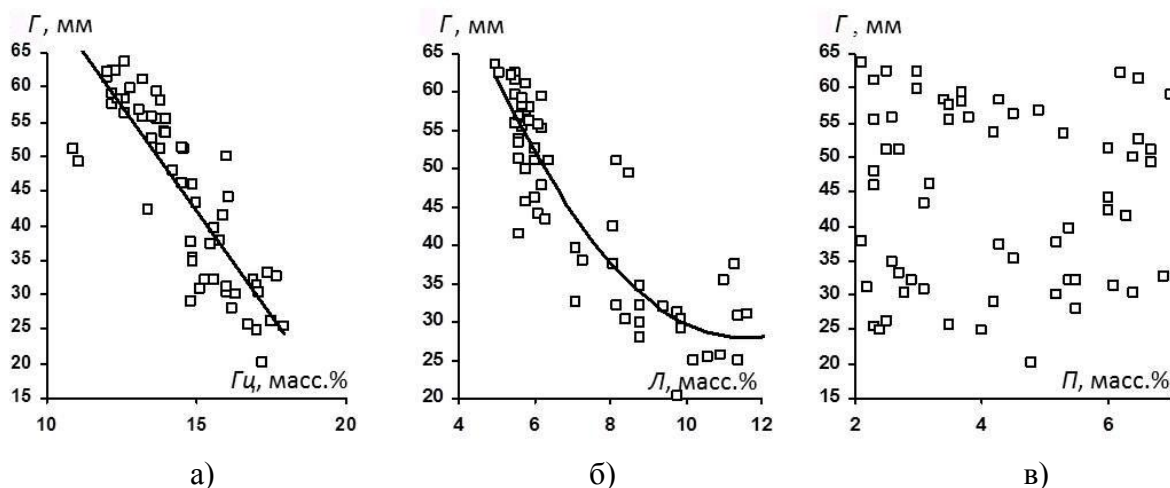


Рис. 1. Отображение совокупности данных гибкости ( $\Gamma$ ) льняных комплексов при соответствующих значениях массовой доли гемицеллюлоз (а), лигнина (б) и пектиновых веществ (в)

Ключевую роль в изменении показателя линейной плотности волокна ( $\Gamma$ , текс) играют пектиновые вещества и гемицеллюлозы. В отличие от гибкости эта характеристика волокна не зависит от содержания лигнина. При повышении полноты разрушения паренхимных тканей стебля и, в частности, гемицеллюлоз в процессе переработки льняного сырья возрастает расщепляемость лубяных пучков при понижении, соответственно, линейной плотности образующихся комплексов. Вместе с тем расщепление пектинов, являющихся клеящей основой связующих веществ, ограничивается определенным оптимумом, предупреждающим элементаризацию технического волокна, что отражается полиномиальным видом зависимости 2-й степени по данной полимерной составляющей.

$$\Gamma = 3,2508 + 0,1482\Gamma_{ц} + 0,5119\Pi - 0,1225\Pi^2, \quad R = 0,9575 \quad (2)$$

Согласно уравнению (3) показатель удельного разрывного усилия льняных комплексов  $P_y$ , характеризующий способность волокна к дроблению в предстоящем процессе прядения, преимущественно определяется содержанием целлюлозной компоненты (Ц, масс. %):

$$P_y = \frac{P}{T} = 29,1085 - 0,9098Ц + 0,0147Ц^2 + 0,4504\Pi + 0,5126Л - 0,0302Л^2; R = 0,9982 \quad (3).$$

Отражение основного волокнообразующего полимера полиномом 2-й степени оправдано, поскольку повышение показателя после экстремума попадает на область выше 90 %-ного содержания целлюлозы, что характерно для состояния элементарных волокон,

которые обладают более высокой прочностью в сравнении с уровнем значений для льняных комплексов. Представленная на рис. 2 совокупность экспериментальных данных для исследуемых образцов демонстрирует, что величина  $P_y$  линейно повышается с ростом содержания пектинов и экстремально меняется при изменении массовой доли лигнина. При этом присутствие гемицеллюлозных образований не имеет определяющей роли для данного показателя физико-механических свойств волокна.

Разработанный подход установления закономерностей «состав-свойство» предполагается распространить и для описания взаимосвязей между составом многокомпонентной биополимерной системы и ее сорбционными свойствами в рамках решения задач, направленных на поиск эффективных методов управления процессами совершенствования поровой структуры льноволокнистых материалов.

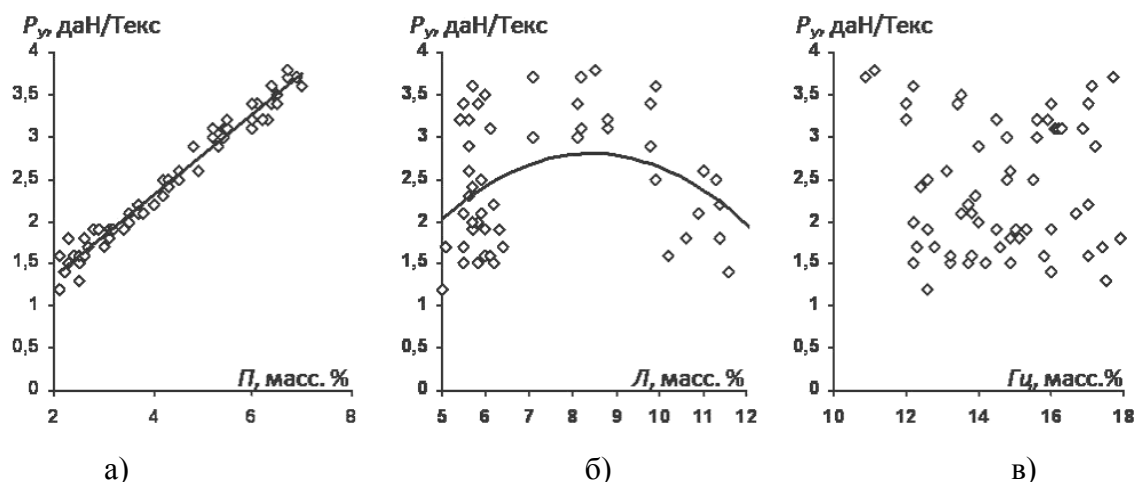


Рис. 2. Совокупность данных удельного разрывного усилия льняных комплексов ( $P_y$ ) при соответствующем содержании пектиновых веществ (а), лигнина (б) и гемицеллюлоз (в)

В ходе исследования анализу подвергались образцы трепаного стланцевого волокна пяти селекционных сортов льна-долгунца, выращенных на опытных полях ВНИИ льна в Тверской области. Развитие поровой структуры волокна оценивали по показателю площади удельной поверхности пор  $S_{уд}$  ( $m^2/g$ ) с применением общепринятого метода низкотемпературной адсорбции-десорбции паров азота при 77 К на газовом сорбционном анализаторе NOVA 1200e. Анализ полимерного состава и сорбционных свойств сопоставляемых образцов льняного волокна проведен с дифференциацией данных для комлевой, вершинной и срединной зон льняного стебля. Совокупность результатов анализа представлена в таблице.

Таблица.

Характеристика поровой структуры льняного волокна с учетом содержания полимерных компонентов стланцевого волокна селекционных сортов льна-долгунца

№ п/п	Сорт	Зона стебля	Полимерный состав образцов льна, масс.%					$S_{уд}$ , $m^2/g$
			Ц	П	Гц	Л	Лр	
1	Зарянка	вершина	75,5	2,1	12,6	5,0	0,4	8,5
2		середина	73,9	3,0	12,8	5,5	0,4	7,5
3		комель	75,0	2,5	12,2	5,5	0,4	9,3
4	Алексим	вершина	73,9	3,2	14,5	6,0	0,2	1,3
5		середина	72,5	2,3	14,2	6,2	0,2	2,6
6		комель	73,0	2,3	13,7	6,2	0,3	3,6

Продолжение таблицы 1

7	Ленок	вершина	72,5	5,3	14,0	5,6	0,2	0,5
8		середина	71,6	4,9	13,1	5,6	0,2	2,8
9		комель	72,8	4,3	12,4	5,7	0,3	3,9
10	А-93	вершина	72,4	3,8	13,5	5,5	0,2	2,8
11		середина	71,5	4,2	13,9	5,6	0,2	2,1
12		комель	70,2	4,5	12,6	5,9	0,3	3,2
13	Могилевский-2	вершина	74,8	2,3	14,9	6,2	0,4	10,3
14		середина	72,8	3,1	15,0	6,2	0,5	11,4
15		комель	73,5	2,7	14,6	6,5	0,4	10,3

Вполне очевидно, что поровая система волокнистого материала формируется фибриллярной структурой целлюлозы. Вместе с тем при оценке доступности внутренней структуры для сорбируемых веществ комплексного лубяного пучка величина удельного содержания волокнообразующего полимера не является определяющей при наличии окружения из полимерных спутников. Анализ данных таблицы свидетельствует об отсутствии четко выраженных корреляций между показателями  $\zeta$  и  $S_{уд}$ . При одинаковых значениях  $\zeta$  в образцах разных сортов льна-долгунца (см. строки 2 и 4; 5 и 7; 9 и 14) различия в величине  $S_{уд}$  могут достигать 2,9...5,8 раза, что свидетельствует о влиянии других полимерных компонентов волокна, которые наряду с целлюлозой определяют совокупный результат изменения поровой структуры волокнистой матрицы.

Нетрудно видеть, что наличие высокого содержания пектиновых веществ в лубяном пучке негативно отражается на достигаемом уровне показателя  $S_{уд}$ . Это вполне ожидаемо, поскольку полиурониды льна являются вязкими лиофильными коллоидами, не обладающими собственной микропоровой системой. Вместе с тем в зависимости от зоны дислокации они различаются структурной организацией. Полиуронидная составляющая инкрустирующего слоя остатков паренхимы представляет собой высоко разветвленные соединения, являющиеся клеящей основой гумми-веществ. В структуре льняных комплексов пектин характеризуется меньшей разветвленностью макромолекул и возрастающей степенью метоксилирования галактуронатных звеньев по мере приближения к фибриллярным образованиям целлюлозы в элементарном волокне. В связи с вышеизложенным физическая модель изменения доступности внутренней структуры льноволокнистого материала предусматривает двойственный характер влияния полиуронидов в разных структурных зонах материала при сохранении общей негативной тенденции, связанной с блокированием внутренних поровых пространств.

Физическое моделирование системы учитывает также различие физического состояния гемицеллюлозных соединений в составе гумми-веществ инкрустов (вязкие аморфные полимерные образования преимущественно с участием ксилоглюканов) и в структуре клеточной стенки элементарного волокна, где примыкающие к поверхности целлюлозных фибрилл макромолекулы арабиногалактанов и галактоманнанов, благодаря односторонней ориентации боковых ответвлений от цепи главных валентностей, способствуют аморфизации надмолекулярной структуры волокнистого материала. Как свидетельствуют данные таблицы, для повышения площади удельной поверхности комплексного волокна нейтральные полисахариды паренхимных тканей целесообразно удалять. Вместе с тем математическая модель должна описывать разнонаправленный характер влияния гемицеллюлозного фактора.

Рассматривая в физической модели роль примесей лигнина, констатируем отсутствие пористости в межклетных его образованиях, обладающих жестко сшитой структурой. В связи с этим прямые корреляции между показателями  $L$  и  $S_{уд}$  маловероятны. Вместе с тем наличие и стимулированное увеличение дефектности в этих структурах за счет деструкции внутренних связей (например, под действием лигниндеструктирующей почвенной

микрофлоры в процессе лугового расстила при получении стланцевого волокна или биохимической подготовки волокна [8, 9]) может обеспечить вклад в развитие поровой структуры материала. Идентифицировать участие лигниновой компоненты лубяного пучка в формировании удельной поверхности предложено с учетом содержания полимера, способного растворяться в серной кислоте ( $J_p$ ). Причем фактор прироста растворимого лигнина оказывает однонаправленное положительное влияние на изменение показателя  $S_{уд}$ .

Полученная эмпирическая модель «состав-свойство» при варьировании величин долевого содержания в волокне основных полимерных компонентов имеет вид:

$$S_{уд} = -0,9646 + 0,4095Ц - 0,5861П - 0,0418П^2 + 0,0452Гц - 0,1300Гц^2 + 0,0955J_p, \quad (4)$$

$$R = 0,9135$$

Свободный член уравнения (4), очевидно, отражает влияние неучтенных компонентов волокнистой системы, в частности, воскообразных примесей, соединений белковой природы и др. Модель в первом приближении отражает максимальный уровень пористости целлюлозной составляющей биополимерной системы на уровне  $41 \text{ м}^2/\text{г}$  и позволяет оценить возможности корректировки сорбционной способности льняных материалов, в частности, с применением нанотехнологий селективного биокатализируемого расщепления полимеров.

Следует отметить, что предлагаемая зависимость отражает совокупность исходных положений физической модели. Вместе с тем она позволяет вычлнить индивидуальный вклад полимерных компонентов льняного волокна в совокупный результат изменения площади удельной поверхности. Для большей наглядности влияния нецеллюлозных полисахаридов льна на рис. 3. приведена графическая интерпретация данных зависимости (4).

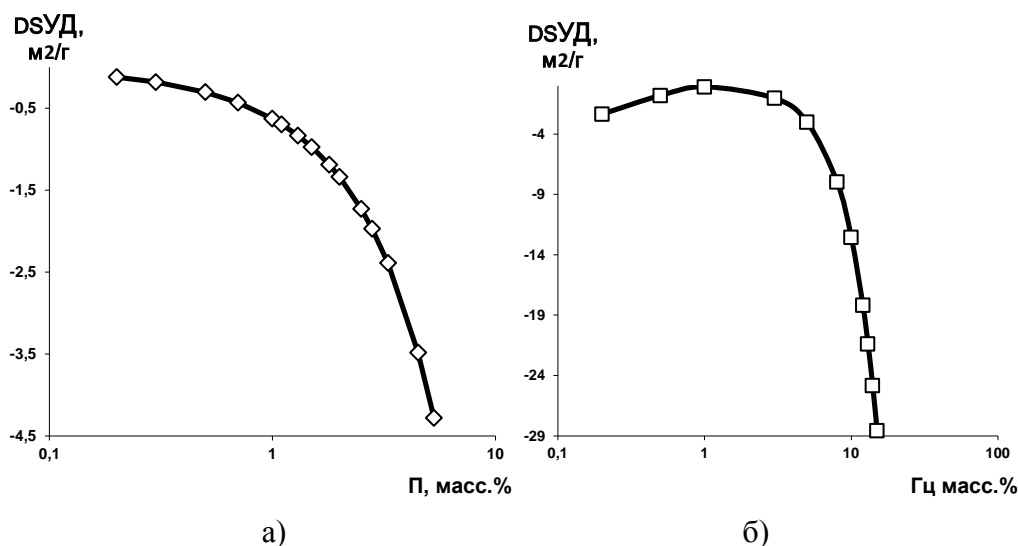


Рис. 3. Изменение удельной поверхности льняного волокна при варьировании долевого содержания пектиновых веществ (а) и гемицеллюлозных соединений (б)

Оценивая влияние полиуронидов, следует отметить что наиболее значимый вклад в улучшение доступности поровой структуры волокна вносит извлечение пектина из зон межклетных образований ( $П \geq 1,0 \dots 1,5$  масс.%). Принимая во внимание замедление прироста величины  $\Delta S_{уд}$  при расщеплении полиуронидов срединных пластинок ( $П < 1$  масс. %), целесообразно учитывать, во-первых, технологическую необходимость присутствия определенного количества пектиновых веществ в продуктах прядения для обеспечения их механической прочности [10], во-вторых, способность пектиновых веществ к участию в межчастичных взаимодействиях и эффективность их участия в хемосорбционных процессах [11].

Интенсивное удаление гемицеллюлозных компонентов инкрустирующих образований в льняных комплексах ( $G_c > 7...8$  масс.%) является положительным фактором, способствующим повышению доступности внутренней поверхности лубяного пучка и развитию его пористости. Наличие экстремума при величине  $G_c$  1,0 масс.% отражает нежелательность разрушения нейтральных полисахаридов, дислоцирующихся в клеточной стенке элементарного волокна и способствующих аморфизации их фибриллярной структуры.

Таким образом, получено корреляционное соотношение, отражающее специфику влияния полимерных компонентов льноволокнистых материалов на величину внутренней удельной поверхности сорбента в воздушно сухом состоянии, а также возможности повышения доступности поровой структуры субстрата путем варьирования массовой доли спутников целлюлозы в перерабатываемом сырье. Перспективным вариантом решения задач селективного расщепления полимеров является применением нанотехнологий биокатализируемой модификации льняного сырья.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Российского фонда фундаментальных исследований №15-43-03075р\_центр\_а.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кудряшова Т.А., Кудряшов А.Ю., Кокшаров С.А. и др. Влияние условий выращивания льна-долгунца сорта «Алексим» и первичной обработки льнотресты на свойства трепаного волокна // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2008. №2. С. 31-34.
2. Кокшаров С.А., Алеева С.В., Кудряшова Т.А. и др. Свойства льняного волокна селекционного сорта льна-долгунца «А-93» с опытных участков в тверской и костромской областях // Химия растительного сырья. 2008. № 3. С. 51-54.
3. Кокшаров С.А., Алеева С.В., Скобелева О.А. и др. Полимерный состав трепаного льняного волокна селекционных сортов льна-долгунца «Зарянка» и «Могилевский-2» // Известия вузов. Химия и химическая технология. 2011. Т. 54. № 6. С. 93-96.
4. Алеева С.В., Кокшаров С.А. Дифференцированная оценка влияния примесей льняного волокна на свойства пряжи // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2011. № 1. С. 66-70.
5. Алеева С.В., Кокшаров С.А. Влияние химических способов подготовки льняного волокна на свойства формируемой пряжи // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2015. № 6 (360). С. 94-98.
6. Aleeva S.V., Koksharov S.A. Chemistry and technology of biocatalyzed nanoengineering of linen textile materials // Russian Journal of General Chemistry. 2012. V. 82. № 13. P. 2279-2293.
7. Пашин Е.Л., Кудряшов А.Ю., Серова Е.Н. и др. Оценка технологического качества льна-долгунца в системе государственного сортоиспытания – Кострома: ГНУ ВНИИЛК. 2006. 43 с.
8. Koksharov S.A., Aleeva S.V., Lepilova O.V. Nanostructural biochemical modification of flax fiber in the process of its preparation for spinning // Autex Research Journal. 2015. V. 15. № 3. P. 215-225.
9. Лепилова О.В., Алеева С.В., Кокшаров С.А. Новые возможности использования ферментативного катализа при подготовке и белении льняных тканей // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2009. №3. С. 51-53.
10. Алеева С.В., Кокшаров С.А. Оценка качества подготовки льняного волокна к процессам прядения // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2008. № 1. С. 16-19.
11. Chistyakova G.V., Koksharov S.A. Features of pectin biodegradation in the presence of sodium ethylenediaminetetraacetate // Russian Journal of General Chemistry. 2014. V. 84. № 4. P. 763-766.

**РАЗРАБОТКА МНОГОСЛОЙНЫХ ПОРИСТЫХ УГЛЕРОД-УГЛЕРОДНЫХ КОМПОЗИТОВ ДЛЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ НА ОСНОВЕ НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**DEVELOPMENT OF MULTILAYER POROUS CARBON-CARBON COMPOSITE FOR THERMAL INSULATION BASED ON NONWOVEN MATERIALS**

Я.О. Перминов<sup>1</sup>, А.А. Лысенко<sup>1</sup>, О.В. Асташкина<sup>1</sup>, Е.С. Свешникова<sup>2</sup>  
Y.O. Perminov<sup>1</sup>, A.A. Lysenko<sup>1</sup>, O.V. Astashkina<sup>1</sup>, E.S. Sveshnikova<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна,  
<sup>2</sup> Энгельсский технологический институт (филиал) ФГБОУ имени Гагарина Ю.А.

<sup>1</sup> Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design (Saint Petersburg),

<sup>2</sup> Engels technological Institute (branch) Federal state budget educational institution of higher education Saratov state technical University named after Y. A. Gagarin (Engels)

E-mail: thvikm@yandex.ru, elena-sveshnikova@yandex.ru

**В статье рассмотрены некоторые аспекты разработки углеродной теплоизоляции для высокотемпературных печей, функционирующих в инертной среде. Показаны основные критерии выбора наполнителя и матрицы, технологические особенности производства, а также некоторые факты внедрения.**

**Ключевые слова:** углерод-углеродные композиты; теплоизоляция; нетканые материалы.

**The article considers some aspects of the development of the carbon heat insulation for high temperature furnaces operating in an inert environment. Shown the main criteria for selection of filler and matrix, the technological peculiar of production, as well as some facts of the implementation.**

**Key words:** carbon-carbon composites; thermal insulation fabrics; non-woven.

Как известно [1-5], некоторые промышленные процессы протекают при высоких температурах (1000-3500 °С). К ним можно отнести переплавку и спекание тугоплавких металлов (W, Ti, Ta), получение углеродных материалов, закалка сплавов. Для проведения таких процессов используются специальные высокотемпературные печи, работающие в среде инертных газов или в вакууме. Важнейшими элементами таких установок являются нагревательные элементы и теплоизоляция. Разработка новых видов теплоизоляции важная и актуальная задача, так как эффективность теплоизоляции влияет на многие немаловажные характеристики: вес оборудования, равномерность прогрева, энергосбережение, возможность использовать более высокотемпературные процессы. Кроме того, толщина теплоизоляции сильно влияет на скорость нагрева и остывания печи.

Основные критерии, по которым оценивается перспективность материала для высокотемпературной теплоизоляции: температура эксплуатации, коэффициент теплопроводности; газовыделение; скорость испарения; удельное электросопротивление; взаимодействие в контакте с материалами нагревателей и токоподводов, а также технологические параметры - формоустойчивость во всем диапазоне рабочих температур (исключение "слеживаемости", "сминаемости"), коэффициент линейного термического расширения (при низких значениях позволяет избежать трещинообразования).

В ходе аналитического обзора [6,7,8,9], было выяснено, что круг материалов, способных выдержать нагрев до 1500-3000 °С весьма невелик. Можно выделить три группы материалов:

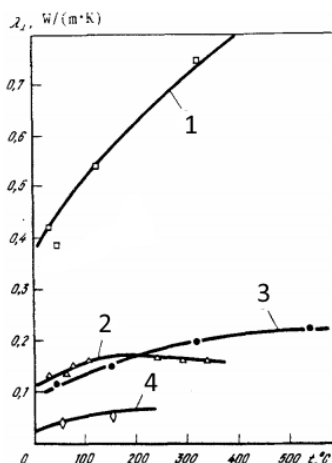


1) Тугоплавкие металлы и сплавы (W, Ti, Ta, Mo). Обладают высоким показателем теплопроводности (45-157 Вт/м\*К), кроме того при высоких температурах снижаются их прочностные характеристики, также возможны деформации при циклах нагрева охлаждения (металл "ведет"). Нашли свою сферу применения в экранной теплоизоляции, работающей по принципу рукав в рукаве, за счет затрат энергии на переизлучение в инфракрасном диапазоне. Преимущества -быстрый нагрев и охлаждение.

2) Тугоплавкие неорганические соединения (бориды и нитриды WB, BN, TiN; оксиды MgO, CaO, ZrO<sub>2</sub>; карбиды WC, Mo<sub>2</sub>C, SiC) и их смеси. Коэффициент теплопроводности 0,1-40 Вт/м\*К. Основными недостатками данных материалов является высокий коэффициент термического расширения, что приводит к образованию трещин и постепенному разрушению данных материалов при циклах нагрева и охлаждения. Из преимуществ можно отметить химическую инертность, что позволяет использовать их в кислородсодержащих средах вплоть до 1500 °С.

3) Углеродная группа (графит, углеродные волокна). Коэффициент теплопроводности этой группы материалов разнится от 0,05 до 400 Вт/м\*К, в зависимости от типа прекурсора, аморфно-кристаллического соотношения, конечной температуры термообработки (КТТО), плотности и пористости. Из преимуществ в данной группе можно привести низкий коэффициент линейного термического расширения ( $-0,7 -0,1 * 10^{-6} * K^{-1}$ ), постоянство прочностных характеристик во всем диапазоне температур эксплуатации, высокая максимальная температура процессов ( $T_{\text{сублим}} = 3500 \text{ } ^\circ\text{C}$ ). Недостатком является низкая химическая стабильность при высоких температурах, что не позволяет проводить процессы в средах окислителей.

Наиболее перспективной по соответствию всем критериям для композитов теплозащитной направленности была выбрана углеродная группа, а именно углерод-углеродные композиционные материалы (УУКМ). На рисунке 1 представлены коэффициенты теплопроводности углеродных волокон (УВ), полученных из различных полимерных прекурсоров.



1 - углеродное волокно VMN34 (полиакрилонитрил), 2- Эвлон (гидратцеллюлоза), 3- Углен (гидратцеллюлоза), 4 – углеродное волокно на основе изотропного пека.

Рисунок 1 - Теплопроводность углеродных волокон из различных прекурсоров в поперечном направлении [10]

Представленные зависимости (рисунок 1) показывают близость значений теплопроводности углеродных волокон на основе гидратцеллюлозы (ГЦ) и изотропного пека, однако на территории союзного государства промышленно выпускаются только углеродные волокна на основе ГЦ, что и явилось определяющим критерием выбора углеродного наполнителя для разрабатываемых нами УУКМ. Очевидно, что УВ на основе полиакрилонитрила (ПАН) плохо подходят для теплоизоляции. В случае с углеродными волокнами на основе ПАН происходит образование кристаллических структур углерода, а

для УВ на основе ГЦ идет преобладание аморфных форм углерода, которые значительно хуже проводят тепло. В качестве прекурсора углеродной матрицы (УМ) были выбраны фенольные смолы, так как углеродные материалы на их основе также имеют низкие показатели теплопроводности. Кроме того, фенольные смолы дешевы и карбонизируются с большим выходом углеродного остатка (63%).

#### Материалы и методики.

В таблицах 1 и 2 перечислены материалы и методики использованные в работе.

Таблица 1

Материалы и реактивы использованные в работе

Наимен. сырья, материалов	Нор. док.	Наименование показателей, обязательных для проверки	Техн. показатели
1 Углеродный нетканый материал (УНМ) разработанный в процессе совместных НИОКР с ОАО «Светлогорск-Химволокно»	ТУ ВУ 400031 289.104	1 Поверхностная плотность, г/м <sup>2</sup>	650±90
		2 Ширина, см	55±5
		3 Разрывная нагрузка в продольном направлении, Н, не менее	20
		4 Массовая доля золы, %, не более	1,5
		5 Удельное поверхностное электрическое сопротивление, Ом, не более	1000
		6 Объемная плотность, г/дм <sup>3</sup>	90-120
		7 Толщина, мм	2,0 – 10,0
2 Ткани углеродные технические (УТ) производства ОАО «Светлогорск-Химволокно»	ТУ ВУ 400031 289.162	1 Разрывная нагрузка, Н, не менее - по основе - по утку	2000 550
		2 Поверхностная плотность, г/м <sup>2</sup>	1150±150
		3 Массовая доля золы, %, не более	0,5
		4 Ширина, см	65±5
		5 Удельное поверхностное электрическое сопротивление, Ом, не более	0,3
		6 Толщина, мм	1 – 2
3 Смолы феноло-формальдегидные	ГОСТ 18694	По паспорту поставщика	По паспорту

Таблица 2

Методики испытаний образцов

Контролируемый показатель, единицы измерения	Методы испытания и средства контроля
1 Объемная плотность, г/см <sup>3</sup>	ГОСТ 15902.2, Электронные весы
2 Пористость, %	ГОСТ 2409-95, Весы для гидростатического взвешивания
3 Огнестойкость	UL-94НВ, Стенд огнеиспытаний
4 Теплопроводность, Вт/м*К	ГОСТ 7076-99, на приборе ИТП-МГ4
5 Прочность на сжатие при 10% деформации, МПа	ГОСТ 17177-94, твердомер П.В. Мелентьева

#### Экспериментальная часть.

Исследования и внедрение в производство выполнены в рамках контракта на проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР) по теме

«Разработка технологий и оборудования для производства на гидратцеллюлозной основе углеродных нетканых и углерод-углеродных композиционных материалов многофункционального назначения», научно-технической программы Союзного государства «Разработка инновационных технологий и техники для производства конкурентоспособных композиционных материалов, матриц и армирующих элементов на 2012-2016 годы», шифр «Компомат», утвержденной постановлением Совета Министров Союзного государства от 12 декабря 2012 г. № 46.

На рисунке 2 представлена блок схема получения слоистых УУКМ.

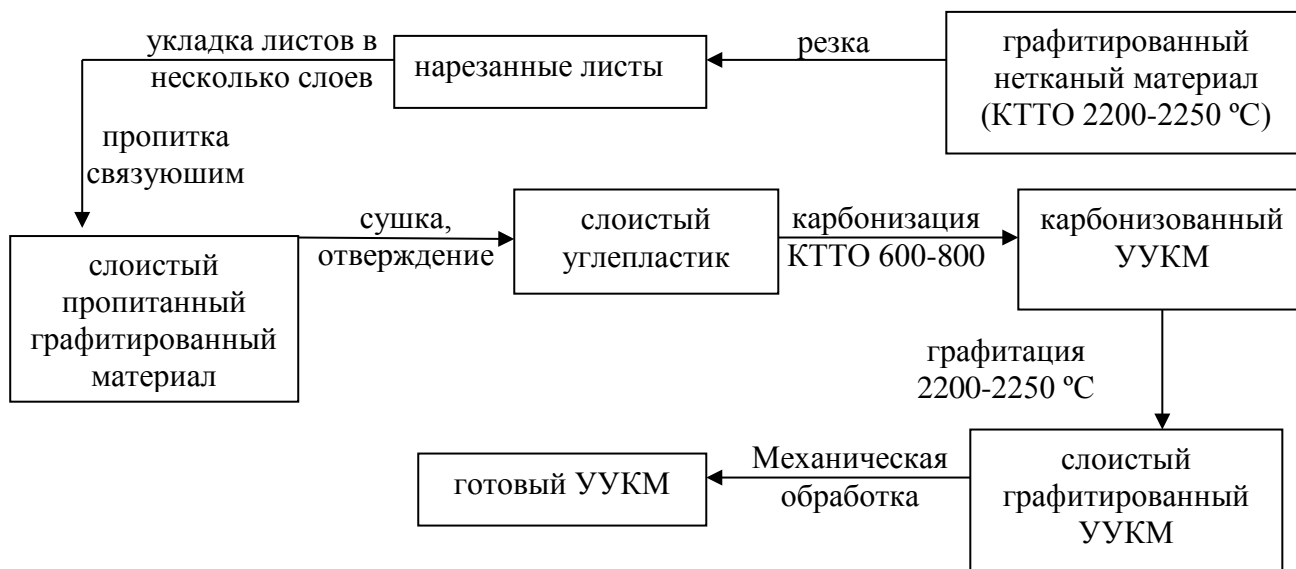
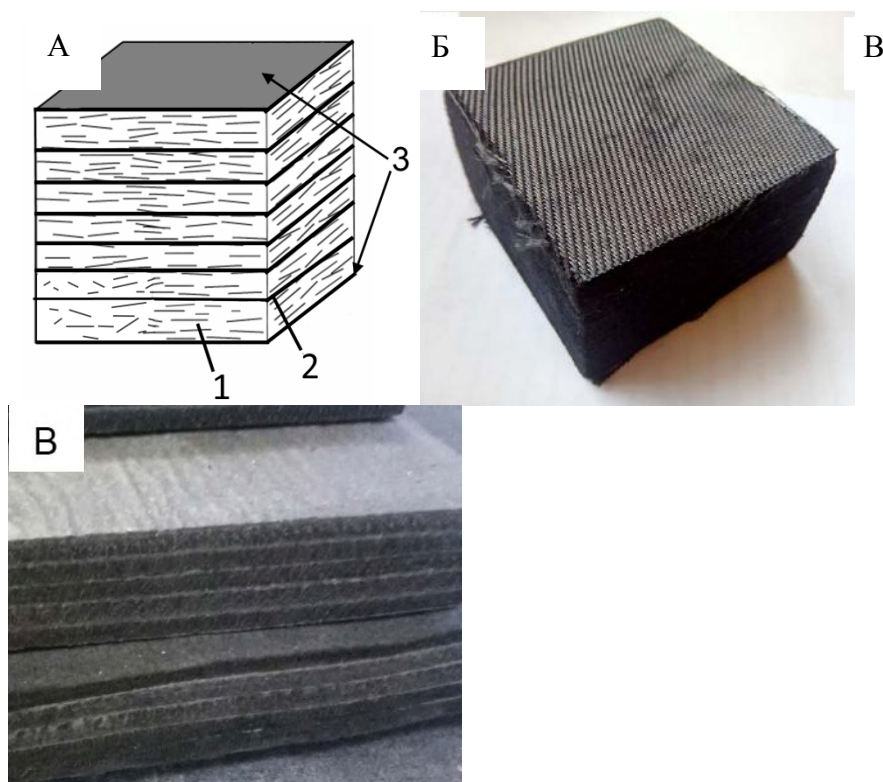


Рис 2. Упрощенная блок схема получения УУКМ.

Показанная схема очень удобна в технологическом плане, поскольку по данной схеме возможно получать УУКМ любых необходимых размеров. На рисунке 3 показана структура полученных образцов и внешний вид.



1 - нетканый материал 2 - межслойная углеродная матрица, 3 –покровной защитный слой на основе ткани

Рис 3. Структура (А) и внешний вид (Б, В) образцов.

В процессе выполнения НИОКР были получены 2 типа материалов (УУКМ тип А, УУКМ тип Б), отличающиеся методикой получения. В производстве композитов группы А отсутствует этап пропитки связующим, углеродная матрица образуется только в межслоевом пространстве. В композитах типа Б УМ распределена равномерно во всем объеме. Наличие в композитах покровных защитных слоев, представляющих высокоплотный УУКМ основе ткани снижает конвективную составляющую теплопереноса из-за низкой воздухопроводности, а также повышает прочность на изгиб. Углеродная матрица образуется только в межслоевом пространстве. В таблице 4 показаны основные свойства композиционных материалов типов А и Б.

Таблица 4

Некоторые свойства полученных образцов.

Тип материала	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Пористость, %	Огнестойкость	Электросопротивление, Ом*см
УУКМ тип А	90±2	95±1	не горюч	500±25
УУКМ тип Б	98-176±2	81-94±1	не горюч	53-450±25

Как видно из таблицы 4, введение углеродной матрицы в структуру образцов увеличивает их плотность, пористость же при содержании УМ в 45-50% от массы образца снижается всего на 12% и составляет ≈81%. Для оценки влияния углеродной матрицы на эффективность теплоизоляции и физико-механические свойства были построены зависимости коэффициента теплопроводности (рисунок 4) и прочности на сжатие при 10% деформации (рисунок 5) от содержания УМ.

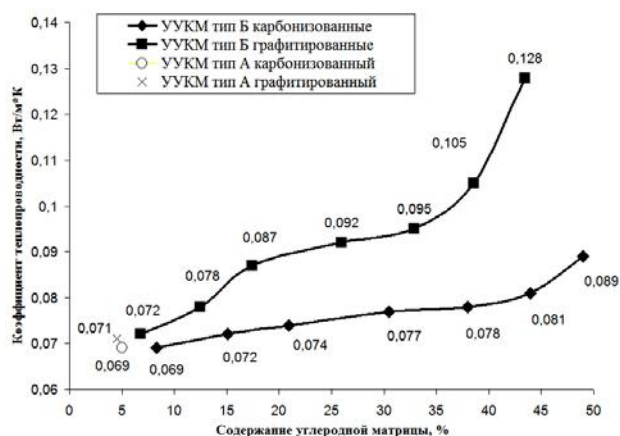


Рис. 4. Влияние содержания углеродной матрицы на коэффициент теплопроводности.

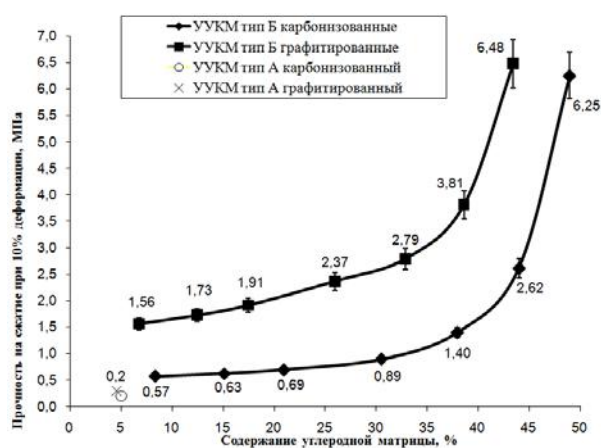


Рис 5. Влияние содержания углеродной матрицы на прочность на сжатие при 10 % деформации.

Зависимости, приведенные на рисунках 4 и 5, показывают, что для УУКМ типа А с содержанием углеродной матрицы в межслоевых пространствах в 4-5% значения данных свойств не сильно различаются в зависимости от температуры конечной обработки (карбонизованный или графитированный). Эти композиты обладают низким показателем коэффициента теплопроводности (0,069-0,071), но и прочность на сжатие при 10% деформации мала - порядка 0,2 МПа. Для образцов типа Б с УМ в объеме нетканого материала наблюдаются следующая закономерность : с увеличением содержания углеродной матрицы увеличивается как показатель теплопроводности (с 0,069 до 1,21), так и прочностные характеристики - при 10% содержании углеродной матрицы усилие увеличивается до 0,57 МПа, что в 2 раза больше по сравнению с УУКМ типа А. При содержании УМ в 47% достигает  $\approx 6$  МПа. При графитации прочность на сжатие при 10% деформации вырастает примерно в 3 раза (с 1,5 МПа), что говорит о увеличении жесткости углеродной матрицы. Теплопроводность вырастает менее значительно - на 8 - 20 %, однако с ростом содержания УМ закономерность становится экспоненциальной. Это свидетельствует об активном участии матрицы в передаче тепла, что нежелательно. Таким образом можно сделать вывод о том, что УУКМ типа А можно использовать в качестве высокоэффективной теплоизоляции там, где элементы теплоизоляции не нагружаются, а УУКМ типа Б можно использовать в качестве теплоизолирующих элементов конструкций, несущих статичную нагрузку.

#### Внедрение в производство.

Результаты НИОКР внедрены на предприятии ОАО «Светлогорск-Химволокно» г.Светлогорск, Республика Беларусь, что подтверждено актом внедрения №616-393 от 15.12.16, согласованным с Минпромторгом РФ. Создан опытный участок, включающий в себя

линию нарезки, пропитки, сушки, прессования и карбонизации и графитации. Разработаны и введены в строй печи карбонизации периодического с рабочим пространством 1500\*1500\*400 мм и 3000\*2000\*2000мм, проведена модернизация промышленного пресса, линии по получению гидратцеллюлозных нетканых материалов, разработан и модернизирован пропиточный агрегат. На разработанном и модернизированном оборудовании опытного участка начато производство УУКМ теплоизоляционного назначения.

В результате НИОКР разработаны и переданы в производство следующие технологии: технология получения нетканых материалов из гидратцеллюлозных волокон, технология получения углеродных нетканых материалов, а также технологии получения углерод-углеродных композиционных материалов для тепло-, термо- и огнезащиты.

В ходе проведенных исследований и технологических отработок совместно с сотрудниками ОАО «Светлогорск-Химволокно» разработаны следующие регламенты по выпуску теплоизоляции на основе УУКМ: опытно-промышленный технологический регламент «Производство материалов нетканых из гидратцеллюлозных волокон», опытно-промышленный технологический регламент «Производство углерод-углеродных композиционных материалов многофункционального назначения». Также были разработаны технические условия ВУ 400031289.075-2016 «Углерод-углеродный композиционный материал для тепло-, термо- и огнезащиты». Результаты работы и мировой уровень новизны защищены 4 патентами на изобретения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Зеликман А.Н., Коршунов Б.Г. *Металлургия редких металлов*. М.: *Металлургия*, 1991. 432 с
2. Morgan P. *Carbon fibers and their composites* / Morgan P. Taylor & Fr. Group, LLC, 2005. –р 56.
3. Лахтин Ю.М. *Металловедение и термическая обработка металлов* / Ю.М.Лахтин –М. : *Металлургия*, 1976, с -55-75.
4. Погребисский М. Я. *Разработка способов и систем регулирования температуры электропечей сопротивления с улучшенными энергетическими показателями: Автореф. дис. на соиск. учен. степ. к.т. н.: Спец. 05.09.10 / Погребисский М. Я.; [Моск. энергет. ин-т (техн. ун-т)]. — М.:2001. — 20 с.: ил. 20 см;*
5. Мармер Э. Н. *Высокотемпературные вакуумные технологии и электропечи для термообработки и спекания/ Э.Н.Мармер // International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology № 2 (70) 2009, С. 36-49.*
6. Митяков Ф. Е. *Экономический анализ применения экранной теплоизоляции в вакуумных печах сопротивления //Вестник МЭИ. – 2011. – №. 4. – С. 80-84.*
7. Рубцов В. П., Митяков Ф. Е. *Модификация экранной теплоизоляции в высокотемпературных вакуумных печах сопротивления //Вестник МЭИ. – 2011. – №. 1. – С. 36-40.*
8. Конкин А. А. *Углеродные и другие жаростойкие волокнистые материалы //М.: Химия. – 1974. –С. 39-205.*
9. Островский В.С. *Искусственный графит. / Островский В.С., Виргильев Ю.С., Костиков В.И., Шипков Н.Н./М.: *Металлургия*. 1986. 272с.*
10. Bol'shakova N. V. et al. *Thermal conductivity of carbon-graphite fibers and fabrics //Refractories. – 1990. – Т. 31. – №. 9-10. – С. 524-527.*

## **ВЛИЯНИЕ ВИДА АНКЕРОВКИ НА АДГЕЗИЮ КОМПОЗИТНОЙ АРМАТУРЫ К БЕТОНУ**

### **INFLUENCE OF THE TYPE OF ANCHORING ON THE ADHESION OF COMPOSITE REINFORCEMENT TO CONCRETE**

И.В. Караваев, В.Е. Румянцева, В.С. Коновалова  
I.V. Karavaev, V. Eu. Rumyantceva, V.S. Konovalova

Ивановский государственный политехнический университет  
Ivanovo State Polytechnic University  
E-mail: ivakaa@gmail.com, varrym@gmail.com, kotprotiv@yandex.ru

Статья посвящена исследованию зависимости сцепления композитной арматуры с бетоном от вида анкеровки. Сцепление композитной арматуры с бетоном зависит, в основном, не от сил адгезии между арматурой и бетоном, а от характера профиля арматуры. Изучена гипотеза об определяющем влиянии обработки поверхности композитной арматуры или типа навивки на адгезию.

**Ключевые слова:** композитная арматура; сцепление; бетон; навивка; обработка поверхности.

The article is devoted to the research of dependence of adhesion of composite rebar with the concrete from the type of anchoring. Adhesion of composite rebar with the concrete depends mainly not from the forces of adhesion between the reinforcement and the concrete, and the character of the reinforcement profile. The hypothesis of the decisive influence of a surface treatment of composite reinforcement or type of winding to adhesion is investigated.

**Key words:** composite reinforcement; adhesion; concrete; winding; surface treatment.

Одной из важных характеристик совместной работы бетона и арматуры является прочность анкеровки арматуры в бетоне. Применение композитной арматуры в силовых элементах конструкций ограничено по причине низкого сцепления арматуры с бетоном. В значительной степени причиной низкого сцепления является низкая жесткость прутка арматуры и его сужение при растяжении.

Поскольку композитная арматура не имеет характерного ярко выраженного профиля, была выдвинута гипотеза о том, что адгезия является ключевым фактором в прочности анкеровки.

Композиты работают за счет приклеивания к поверхности матрицей композита и передачи усилий на наполнитель, например, стекловолокно. Таким образом обеспечивается совместная работа усиленной конструкции, где часть напряжений передается на усиление. В случае с композитной арматурой в роли клея выступает цементное вяжущее, а композитная арматура, в целом, является композитом.

В композитной арматуре матрица (термореактивная смола) связывает наполнитель (волокно) для придания однородности композиту, а также для передачи и перераспределения напряжений на волокна наполнителя от армируемой конструкции. Наполнитель – волокно, защищено от воздействия внешней среды эпоксидной смолой, которая устойчива в растворах слабых кислот и щелочей [1, 2]. Вокруг основного стержня арматуры располагается навивка (тонкий жгут из стекловолокна со спиралевидным продольным расположением стекловолокна), которая приклеивается при помощи полимерного связующего [3]. Навивка выполняет функцию сцепления за бетон и передает при помощи клея усилия на основной стержень.

Совместная работа композитной арматуры в зоне анкеровки в этом случае будет зависеть от того, насколько велика сила обжатия вследствие усадки, и как изменятся геометрические характеристики в процессе обжатия. Площадь приклеивания навивки

настолько мала, что при натуральных испытаниях на вырывание она отрывается от тела стержня и выключается из работы [4].

Для опровержения гипотезы о превалирующем значении силы приклеивания была проведена серия экспериментов по выдергиванию прутков арматуры с различными видами покрытий и типами навивок из бетонного куба. В качестве покрытий на поверхности композитной арматуры были получены напылением металлические слои из оксида титана и нержавеющей стали, также поверхность была обработана плазмой. Испытаниям подвергались образцы со стандартной спиралевидной навивкой (рис. 1-а) и новым видом навивки, схожим с периодическим профилем стальной арматуры железобетона (рис. 1-б).

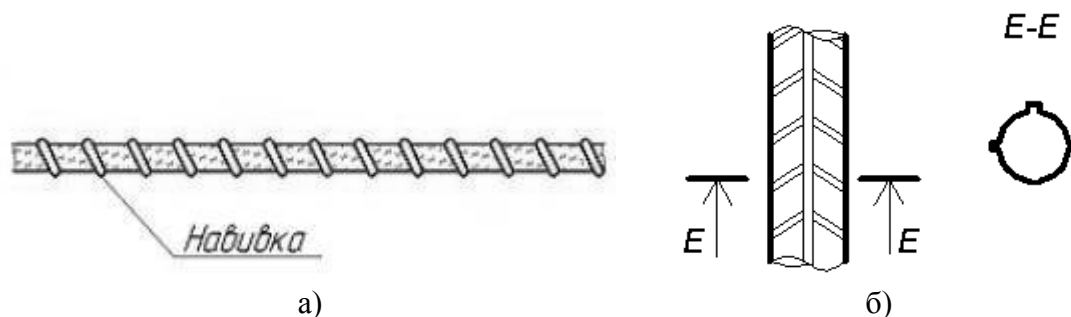


Рис. 1. Виды навивки композитной арматуры: а) спиралевидная; б) периодического профиля

Испытания проводились на «Приспособлении для проведения испытания по вырыванию из бетона прутка композитной арматуры» [5]. При вырывании прутка бетонные кубики растрескивались, поэтому дополнительные результаты были получены на образцах бетона в жесткой несъемной опалубке, предотвращающей растрескивание бетона. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1

Усилия вырывания композитной арматуры с разными видами обработки поверхности и типами навивки

Вид поверхности	Усилие вырывания, кН	
	Бетонный куб	Несъемная опалубка
Без покрытия	41,0	40,8
Напыление из нержавеющей стали	37,9	43,4
Напыление из оксида титана	36,4	44,0
Обработка плазмой	40,4	45,8
Спиралевидная навивка	53,3	55,7
Навивка периодического профиля	69,1	72,8

Из полученных результатов следует, что разница усилий вырывания образцов с напыленными покрытиями в пределах серии опытов лежит в пределах 5 %. Данные свидетельствуют о том, что тонкослойные покрытия не влияют на прочность анкеровки, а характер анкеровки композитных стержней с полимерным связующим не является адгезионным.

Спиралевидный тип навивки не играет основной роли в анкеровке композитной арматуры в бетоне. Основным фактором закрепления композитной арматуры является формирование профиля основного тела арматурного стержня, которое будет дополнительно



обжато бетоном и, через плавно изменяющийся профиль, сможет передавать усилие на бетон. Новый вид навивки улучшает сцепление арматуры с бетоном и позволяет рассматривать композитную арматуру в качестве полноценной замены стальной для армирования бетона в гражданском и промышленном строительстве.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Фролов, Н.П. Стеклопластиковая арматура и стеклопластбетонные конструкции. М.: Стройиздат, 1980. 104 с.
2. Караваев, И.В. К вопросу о прочности сцепления композитной арматуры с бетоном / И.В. Караваев, В.Е. Румянцева, В.С. Коновалова // Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX-2016): сб. материалов XIX Междунар. науч.-практ. форума. Иваново: ИВГПУ, 2016. Ч. 2. 164 с.
3. ГОСТ 31938-2012 «Арматура композитная полимерная для армирования бетонных конструкций».
4. Бенин, А.В. Экспериментальные исследования сцепления композитной арматуры с плоской навивкой бетоном / А.В. Бенин, С.С. Семенов // Промышленное и гражданское строительство. 2013. №9. С. 74-76.
5. Приспособление для проведения испытаний по вырыванию из бетона прутка композитной арматуры: свидетельство №149570 Рос. Федерация. №201412276/28; заявл. 02.06.2014; опубл. 10.01.2015, Бюл. № 1. 3 с.

УДК 677.027.622.13+678.7

### ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ МОДИФИКАЦИИ КОМПОЗИТОВ НАНОДИСПЕРСНЫМ ДИОКСИДОМ КРЕМНИЯ

#### PHYSICO-CHEMICAL BASIS OF MODIFICATION FOR COMPOSITES BY NANODISPERSED SILICON DIOXIDE

С.А. Кокшаров<sup>1</sup>, Н.Л. Корнилова<sup>2</sup>, Ю.А. Шаммут<sup>2</sup>  
S.A. Koksharov<sup>1</sup>, N.L. Kornilova<sup>2</sup>, Yu.A. Shammut<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт химии растворов им. Г.А. Крестова РАН (г. Иваново)

<sup>2</sup>Ивановский государственный политехнический университет

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

<sup>2</sup>Ivanovo State Polytechnical University (Ivanovo)

E-mail: ksa@isc-ras.ru; nkorn@mail.ru

Методом динамического светового рассеяния с измененной настройкой программы обработки результатов измерений исследованы размерные характеристики бикомпонентной системы армирующих полимерных дисперсий с добавкой нанодисперсного диоксида кремния. На экспериментальных образцах пакета костюмных тканей, дублированных армированным прокладочным материалом, показано, что введение 1...5 % минеральной добавки к массе армирующего полимера обеспечивают повышение показателя жесткости композита до 2,2 раза при одновременном увеличении его упругости на 12...13 % (абс.).

**Ключевые слова:** полимерное связующее; нанодиоксид кремния; полимерные дисперсии; размер наночастиц в гидрозоле; показатели жесткости и упругости полимерно-волокнистых композитных материалов

The size characteristics for two-component system from polymer dispersion matrix and nanodispersed silicon dioxide having been investigated by the method of dynamic light scattering included the modified program configuration for the processing of the experiment results. It is shown using the experimental samples of suiting

**fabrics backed by reinforced cushioning materials that 1...5% mineral additives to the weight of the reinforcing polymer provide increase of the composite stiffness to 2,2 times while increasing its elasticity of 12...13 % (abs.).**

**Keywords: polymeric binder; silicon nanodioxide; polymeric dispersions; size of the nanoparticles in the hydrosol; stiffness and elasticity of polymer-fibrous composites.**

Настоящие исследования проведены в рамках комплексной разработки научно-технологических подходов к управлению упруго-деформационными свойствами полимерно-волоконистых композитных материалов с использованием совокупности методов формирования межфазного слоя с разветвленной структурой. В основе развиваемого направления лежат современные достижения в области синтеза полимеров сложной пространственной архитектуры [1, 2]. Предметный интерес представляет получение привитых блок-сополимеров в виде полимерных щеток и гребнеобразных полимеров, строение которых предполагает присоединение к основной цепи многочисленных узкодисперсных боковых радикалов, взаимодействие между собой, что и определяет уровень жесткости макромолекул [3, 4]. Применительно к задачам дополнительного армирования полимерно-волоконистых композитных материалов разрабатываются методы наноструктурной модификации системы, обеспечивающие проникновение боковых ответвлений сополимерного связующего в поровую структуру волокнистого компонента. К ним относятся предварительное ультрадиспергирование армирующей полимерной композиции, модификация поровой структуры волокнистого компонента для эффективного ее заполнения боковыми ответвлениями сополимерного связующего [5, 6].

Дополнительные возможности регулирования упруго-деформационными свойствами композитных материалов с помощью нанонаполнителей базируются на сведениях о методах модификации полимерных и волоконистых материалов наночастицами различного вида для придания специальных потребительских свойств. Появление нанокристаллической фазы почти всегда приводит к росту прочностных характеристик аморфного состояния. Считается, что рост прочности при нанокристаллизации обусловлен, главным образом, появлением в структуре кристаллической фазы с высоким модулем упругости. Важное влияние на прочностные свойства при нанокристаллизации, кроме соотношения упругих модулей наночастиц и аморфной матрицы, оказывают структурные параметры наночастиц: их размер, объемная плотность и объемная доля, тип кристаллической решетки, текстура, характер распределения по размерам и по объему аморфной матрицы. Процессы адсорбции и хемосорбции с участием наноразмерных модифицирующих добавок, формирование межфазных границ, электроповерхностные явления могут быть значительно интенсифицированы за счет избыточной энергии атомов на поверхности наноразмерных частиц, характеризующихся пониженным значением энергии активации.

Одним из наиболее широко применяемых видов наноразмерных модифицирующих добавок является нанодисперсный диоксид кремния (НДК). Продукт выпускается также в виде гидросмеси или прозрачной жидкости. По данным исследовательской компании «Abercade», его потребление в настоящее время составляет 40% общего мирового объема производства нанопорошков [7]. Широко используется диоксид кремния в электронике и оптике, а также в обрабатывающей промышленности как абразив, краска и пластический наполнитель, покрытие и грунтовка для строительных материалов, а также как водоотталкивающее средство. Известно его применение в косметологии и фармацевтике, в качестве наполнителя в производстве резин, в производстве высокопрочной керамики и стекла, битумов и мастик, высокопрочных строительных смесей (бетонов). НДК используется также как отражающий материал для ультрафиолетового и инфракрасного излучения. После обработки поверхностей они приобретают как гидрофильные, так и липофильные свойства. Имеются сведения о достижении с использованием НДК упрочняющих эффектов при получении ультратонких полипропиленовых волокон [8], при формировании на поверхности разнообразных изделий полифункциональных наноструктурированных покрытий [9], в клеевом креплении подошвенных материалов обуви [10] и др.

Отмечается, что сложной технической задачей является введение наномодификаторов в расплавы, растворы и дисперсии полимеров и равномерное распределение частиц в них. Введение в структуру композита наноматериалов может осуществляться с помощью ингредиентов полимеризующейся композиции. Подобные эффекты могут быть использованы для регулирования глубины проникновения полимеризуемого вещества в вязко-текучем состоянии в структуру волокнистого материала и параметров образования межфазного слоя композита в соответствии с предъявляемыми к нему требованиями жесткости. В литературе, в частности, имеются сведения, что для стабилизации наноразмерных частиц металлов можно использовать полимеры с молекулярной массой 104...105 [11]. Это обусловило задачи настоящего исследования, направленного на изучение совместимости препаратов НДК с гидрозолями армирующих полимерных дисперсий, применяемых для синтеза блок-сополимерного связующего полимерно-волокнистых композитных материалов.

В качестве объектов исследования использованы гидрозоль НДК китайского производства (фирма Guangzhon Jiechuang Trading Co. Ltd), водная дисперсия акрилатных полимеров Акремос 306 (ООО «Опытный завод акриловых дисперсий» г. Дзержинск, Нижегородской обл. ТУ 2241-051-55856863-2007) и экспериментальный препарат армирующего полимера с условным обозначением ДПА 3/6 в случае выпускной (исходной) формы препарата и ДПА 3/6У для образца, подвергнутого ультрадиспергированию на роторно-пульсационной установке РПУ модели А-1.00.00 ПС в соответствии с разработанным режимом получения модельных образцов наномодифицированных полимерных дисперсий.

Определение размера наночастиц в гидрозолях осуществлялось методом динамического светового рассеяния с использованием анализатора Zetasizer Nano ZS (ф. Malvern Instruments Ltd. Англия) с учетом рекомендаций по подготовке растворов [12] и усовершенствованию метода обработки результатов измерений [13] для улучшения анализа полифракционных и многокомпонентных систем. Так, на рис. 1 кривыми 1 продемонстрирован распространенный эффект маскировки крупными частицами присутствующих в системе малоразмерных фракций дисперсной фазы. Размерный диапазон частиц препарата НДК составляет от 10 до 110 нм, и более 80 % совокупной величины показателя  $I$  приходится на фракции до 30 нм. Однако их наличие в бинарной системе не регистрируется при типовой настройке программы обработки результатов измерений.

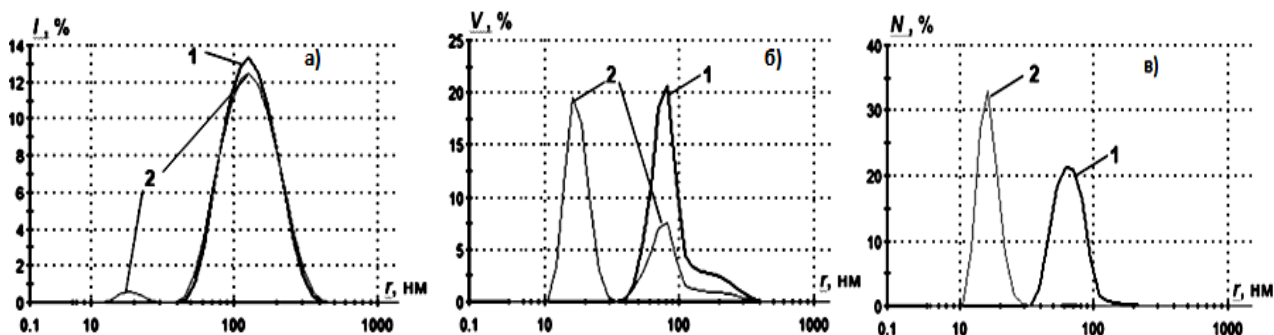


Рис. 1. Диаграммы распределения по размеру частиц величин интенсивности динамического светорассеяния  $I$  (а), относительного объема дисперсной фазы  $V$  (б) и относительного числа частиц  $N$  (в) в гидрозоле бинарной системы Акремос 306 с НДК при типовой (1) и измененной (2) настройке компьютерной измерительной программы

Анализ типовых настроек измерительной программы показал, что для уменьшения фоновых искажений, обусловленных возможным присутствием небольшого количества посторонних частиц, в систему заложено автоматическое ограничение чувствительности. В случае соблюдения необходимых условий чистоты эксперимента [12] такие меры предосторожности можно считать излишними. Для повышения регистрирующей

способности измерительной системы предложено выполнить следующую последовательность операций:

- вызывается окно обработки результатов путем выбора «Edit Result» вкладки «Edit» главного меню;
- в появляющемся окне выбирается опция «Data processing» и кнопкой «Configure...» открывается доступ к настройкам результатов измерений;
- значение показателя Lower Threshold «0,05» необходимо исправить на «0» и подтвердить изменения при закрытии вспомогательных окон.

Достижимую в результате изменения настроек измерительной системы трансформацию спектральных зависимостей демонстрируют кривые 2 на рис. 1. Прежде всего, следует обратить внимание на преобладающий вклад крупных фракций в величину интенсивности светорассеяния (фрагмент «а»). Вместе с тем их объемная доля (фрагмент «б») составляет всего лишь 35 %, а по количеству частиц ни одна из фракций крупнее 30 нм в условиях выбранного разбавления не преодолела пороговый уровень определения показателя  $N$ , равный 0,1 % (фрагмент «в»). Таким образом, наиболее объективную информацию о состоянии полифракционных систем обеспечивают данные распределения по размеру частиц относительного объема дисперсной фазы ( $V$ , %).

Введение нанодисперсной минеральной добавки целесообразно совместить с операцией ультрадиспергирования армирующей полимерной дисперсии. Изменение состояния полимерного компонента в условиях механоакустической обработки показано на рис. 2.

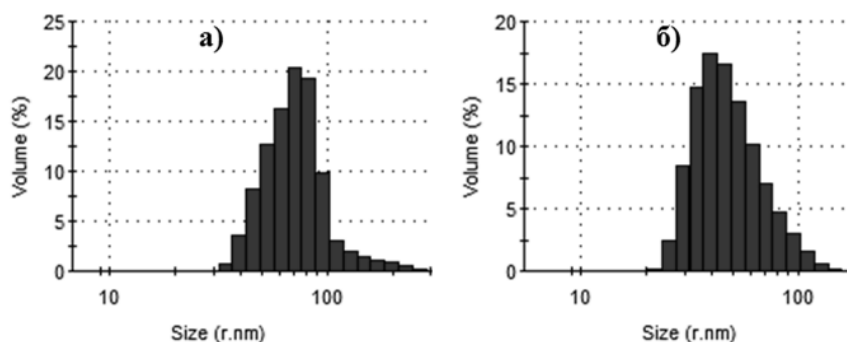


Рис. 2. Распределение относительного объема дисперсной фазы по размеру частиц в гидрозоле препаратов ДПА 3/6 (а) и ДПА 3/6У (б) (концентрация 0,025 %)

Для ультрадиспергированной формы препарата нижняя граница на размерной шкале опускается до 20 нм, а максимум смещается к 40 нм. При этом 43 % относительного объема дисперсной фазы приходится на фракции с размером менее 40 нм, что определяет потенциальную возможность их проникновения в мезопоровые пространства текстильного носителя для формирования разветвленной структуры межфазного слоя разрабатываемых полимерно-волоконистых композиционных материалов [5].

На рис. 3 представлены спектры фракционного распределения наночастиц в бикомпонентных растворах НДК и полимерной дисперсии при соотношении твердофазных компонентов 80 : 20. Анализ проведен в течение 1 часа после смешения препаратов.

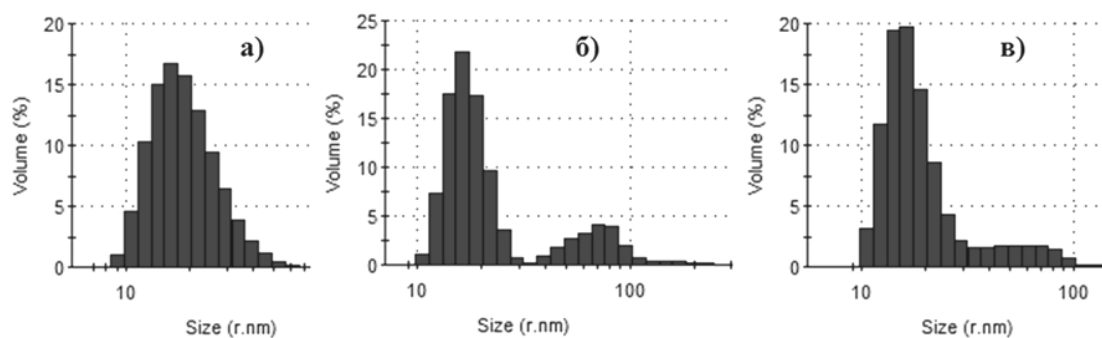


Рис. 3. Распределение относительного объема дисперсной фазы по размеру частиц в гидрозоле НДК (а) и его смесей с ДПА 3/6 (б) и ДПА 3/6У (в)

Бимодальный характер диаграмм (б) и (в) с сохранением положения доминирующих фракций отражает присутствие в системе обоих компонентов в неизменном состоянии.

Вместе с тем, как следует из данных рис. 4, межчастичные взаимодействия в системе могут иметь место. После 24-часовой выдержки суммарная доля относительного объема малоразмерных фракций НДК сокращается в 1,5...2 раза, что связано, очевидно, с образованием смешанных ассоциатов с частицами полимерной дисперсии. Вместе с тем это практически не меняет размерные параметры армирующего полимера и должно способствовать проникновению наномодификатора в поровые пространства волокнистого компонента.

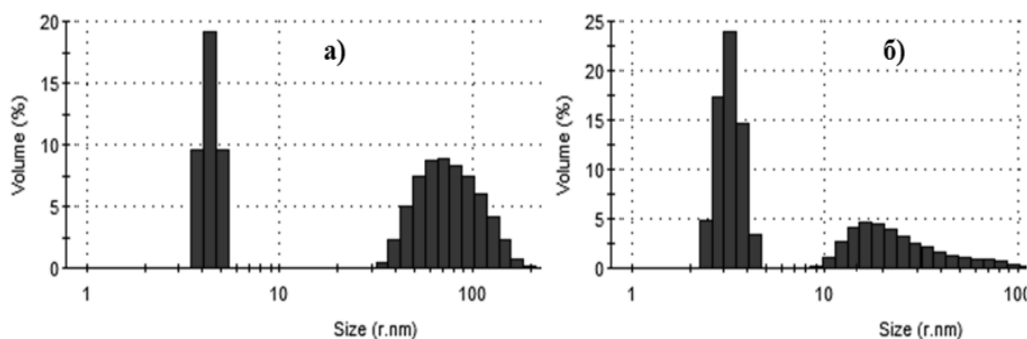


Рис. 4. Фракционный состав наночастиц в бикомпонентном гидрозоле НДК с ДПА 3/6 (а) и ДПА 3/6У (б) через 24 ч после смешения

Оценка эффективности модификации межфазного слоя композиционных прокладочных материалов введением добавок НДК в препараты армирующего полимера ДПА 3/6У проведена с использованием двух разновидностей костюмных тканей:

- 1) *КТ1* – волокнистый состав (%): вискоза 55, шерсть 35, полиэфир 10; поверхностная плотность  $M_s = 240 \text{ г/м}^2$ ;
- 2) *КТ2* – волокнистый состав (%): вискоза 50, полиэфир 50;  $M_s = 180 \text{ г/м}^2$ .

Базовой основой для получения армированного прокладочного материала послужил термоклеевой дублирин на трикотажной основе арт. DIVP 65 (Китай): вискоза 70 %, полиэфир 30 %;  $M_s = 65 \text{ г/м}^2$ ; число клеевых точек 76 ед./см<sup>2</sup>.

Нанесение армирующей полимерной композиции ДПА 3/6У на прокладочный материал осуществлялось методом трафаретной печати через сетчатый шаблон с ромбовидным рисунком, обеспечивающим покрытие полотна печатным составом на площади 50%. Содержание модифицирующей добавки НДК в составе армирующей полимерной композиции варьировали от 0 до 5 масс.%. Сушку образцов армированного прокладочного материала осуществляли на воздухе при 25°C. Дублирование костюмных тканей проводили на прессе проходного типа Japsew SR-600 (Китай) при температуре 80°C. Завершающую влажно-термическую обработку дублированного пакета осуществляли

пропариванием с увлажнением до 20...30 %-ного влагосодержания с последующим нагревом до 140°C.

Оценку упруго-деформационных свойств сформированных композиционных материалов осуществляли по показателям жесткости  $EI$  и упругости  $El$ , определяемым соответственно консольным методом согласно ГОСТ 10550-93 с использованием прибора ПТ-2 и методом кольца на приборе ПЖУ-12М. Полученные результаты сопоставлены в таблице.

Таблица.

Влияние добавок наномодификаторов к препарату ДПА 3/6У на деформационные свойства пакета костюмных тканей с армированными прокладочными материалами

Анализируемый материал	Содержание НДК, масс. %	Жесткость, $EI$ , Н·см <sup>2</sup>		Упругость, $El$ , %	
		основа	уток	основа	уток
КТ1	–	0,052	0,031	26,8	31,1
пакет КТ1 с дублирином, армированным ДПА 3/6У	0	0,111	0,112	58,2	62,7
	1	0,130	0,141	59,1	63,4
	3	0,153	0,174	66,8	70,7
	5	0,223	0,238	71,6	75,2
КТ2	–	0,028	0,023	31,7	38,5
пакет КТ2 с дублирином, армированным ДПА 3/6У	0	0,097	0,106	60,6	64,4
	1	0,116	0,137	61,7	64,9
	3	0,138	0,152	67,5	72,9
	5	0,173	0,210	72,0	77,1

Следует отметить, что как с одним, так и с другим видом костюмных тканей получены сопоставимые результаты модификации армирующего полимера нанодисперсными наполнителями, что является важным критерием технологической стабильности достигаемых эффектов.

Образцами сравнения являются показатели жесткости и упругости для исходных костюмных тканей и пакета с армированной прокладкой без дополнительного использования наномодификаторов. Как видно из представленных данных, базовый вариант дублирования обеспечивает повышение жесткости в 2...4 раза при двукратном увеличении показателя упругости. При этом традиционные приемы повышения жесткости пакета за счет увеличения поверхностной плотности текстильной основы прокладочного материала или путем увеличения количества клеевых точек имеют в побочном эффекте снижение показателя  $El$  [14].

Применение структурирующих добавок НДК обеспечивает уникальное сочетание удновременного нарастания обеих контролируемых характеристик упруго-деформационных свойств пакета. Причем для повышения формоустойчивости швейного изделия прирост показателя  $El$  на 12...13 %(абс.) имеет более важное значение, чем увеличение жесткости дублированной детали в 1,5...2,2 раза.

Полученные результаты позволяют рассматривать прием использования наноструктурирующих добавок НДК как эффективный метод повышения дискретности в регулировании упруго-деформационных свойств композиционных материалов прокладочного назначения. Используя один вид исходного прокладочного материала и варьируя количество нанодисперсного модификатора в наносимой композиции армирующего полимера, можно добиваться прогнозируемого дополнительного увеличения показателей жесткости и упругости деталей швейного изделия. Реализация разрабатываемых технологических основ получения наноструктурированных полимерно-волоконистых композитов позволит создать новый ассортимент прокладочных материалов с регулируемыми упруго-деформационными свойствами в точном соответствии с выбранным силуэтным решением швейного изделия, требуемой степенью жесткости его объемной формы и свойствами используемых основных материалов.

Исследования проведены в рамках выполнения государственного задания № 11.1898.2014/К Минобрнауки РФ с использованием научно-исследовательского оборудования Центра коллективного пользования «Верхневолжский региональный центр физико-химических исследований».

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Цветков В.Н. Жесткоцепные полимерные молекулы. Л.: Наука, 1986. 378 с.
2. Субботин А.В., Семенов А.Н. Пространственная самоорганизация гребнеобразных молекул // Высокомолекул. соед. Сер. А. 2007. Т. 49. № 12. С. 2139-2148.
3. Платэ Н.А., Шибяев В.П. Гребнеобразные полимеры и жидкие кристаллы. М.: Химия, 1980. 304 с.
4. Колбина Г.Ф., Кононов А.И., Штенникова И.Н. и др. Влияние молекулярной архитектуры бокового радикала на оптические свойства гребнеобразных полимеров // Высокомолек. соед. С. 2010. Т. 52. №7. С. 1314-1317.
5. Кокшаров С.А., Корнилова Н.Л., Федосов С.В. Получение армированных композиционных материалов с нанопористым текстильным носителем и щеточным строением полимерного межфазного слоя // Росс. хим. ж. 2015. Т. LIX. №3. С. 112-123.
6. Кокшаров С.А., Корнилова Н.Л., Федосов С.В. Модификация полиэфирного волокна для создания композитных материалов с регулируемой жесткостью // Изв. вузов. Химия и химическая технология 2016. Т. 59 № 6. С. 105-111.
7. Нанопорошки: описание и объемы производства // Электронный ресурс. <http://www.abercade.ru/research/analysis/67.html> (дата обращения 10.04.2017)
8. Булавинец М.Я., Цебренько М.В. Закономерности получения ультратонких полипропиленовых волокон, наполненных нанодобавками кремнеземов. // Сб. «Химия и химическая технология в 21 веке». Томск. 2010. С. 125-127.
9. [Ксантос](#) М. Функциональные наполнители для пластмасс / Пер. с англ. под ред. В.Н. Кулезнева. СПб.: Научные основы и технологии. 2010. 462 с.
10. Торосян Ю.В., Тартанов А.А. Использование нанотехнологий при производстве изделий из кожи // Сб. науч. тр. Техническое регулирование: базовая основа качества товаров и услуг. Шахты: ЮРГУЭС. 2011. С. 157-160.
11. Брусенцева Т., Завьялов А., Викулина Л. И др. Взаимодействие наночастиц диоксида кремния с полимерами. Наноиндустрия, научно-технический журнал. 2013. № 1(39). С. 32-36.
12. Кокшаров С.А., Корнилова Н.Л., Метелева О.В. Методика подготовки растворителя для оценки нанодисперсных объектов методом динамического светового рассеяния // Изв. вузов. Технология текст. пром-сти. 2014. № 1. С. 136-140.
13. Кокшаров С.А. О применении метода динамического светового рассеяния для оценки размера наночастиц в бикомпонентном гидрозоле // Изв. вузов. Химия и химическая технология. 2015. Т. 58. № 1. С. 33-36.

14. Кокшаров С.А., Корнилова Н.Л, Радченко О.В. и др. Влияние структурных характеристик термоклеевых материалов на жесткость дублированного пакета // Изв. вузов. Технология текст. пром-сти. 2016. № 4. С. 96-101.

УДК 677.027.622.13+678.7

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМОИНИЦИИРУЕМЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ КЛЕЯЩЕГО И АРМИРУЮЩЕГО КОМПОНЕНТОВ ПОЛИМЕРНО-ВОЛОКНИСТОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА

### STUDY OF THE GLUE AND REINFORCING COMPONENTS OF THE POLYMER-FIBER COMPOSITE MATERIAL THERMONINATED TRANSFORMATIONS

Н.Л. Корнилова<sup>1</sup>, Ю.А. Шаммут<sup>1</sup>, С.А. Кокшаров<sup>2</sup>  
N.L. Kornilova<sup>1</sup>, Yu.A. Shammut<sup>1</sup>, S.A. Koksharov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ивановский государственный политехнический университет  
<sup>2</sup>Институт химии растворов им. Г.А. Крестова РАН (г. Иваново)

<sup>1</sup>Ivanovo State Polytechnical University

<sup>2</sup>G.A. Krestov Institute of Solution Chemistry of the Russian Academy of Sciences (Ivanovo)

E-mail: nkorn@mail.ru; ksa@isc-ras.ru

Методом дифференциальной сканирующей калориметрии оценены температурные зависимости фазовых переходов и термоинициируемых химических превращений в индивидуальных и бикомпонентных полимерных системах. Определены пары сочетающихся термопластичных адгезивов, применяемых при изготовлении типовых термоклеевых прокладочных материалов, и армирующих полимерных дисперсий, которые удовлетворяют технологическим параметрам получения армированного препрега и последующего формирования композитных материалов с регулируемой жесткостью на стадии дублирования пакета формообразующих деталей швейного изделия.

Ключевые слова: композитные материалы; полимерное связующее; межфазный слой; скрининг термоинициируемых превращений; дифференциальная сканирующая калориметрия.

Temperature dependences of phase transitions and thermoinitiated chemical transformations in individual and bicomponent polymeric systems were evaluated by differential scanning calorimetry. Pairs of combined reinforcing polymer dispersions and thermoplastic adhesives used in the manufacture of typical hot-melt adhesive gaskets were determined. These pairs satisfy the technological parameters of obtaining a reinforced interlining material and the subsequent formation of composite materials with adjustable rigidity during the gluing process of the parts of the garment.

Keywords: composite materials; polymer binder; the interfacial layer; thermonitiated transformations; differential scanning calorimetry.

Композиты имеют более чем 50-летнюю историю использования в промышленности. Первоначально они применялись в основном в высокотехнологичных областях, например, в аэрокосмической отрасли или оборонном комплексе. По мере развития новых технологий рос и коммерческий интерес к композитам, так что они стали использоваться для производства спортивных товаров, коммерческой авиации, автомобилей, судов, в гражданском строительстве и городской инфраструктуре. В настоящее время цена на композиты (как на сырье, так и на производственные процессы) значительно снизилась по сравнению с предыдущими годами, и это позволило использовать большие объемы подобных материалов в различных областях промышленности. Согласно представленным на рис. 1 данным Минпромторга РФ [1], ежегодный прирост объемов мирового рынка композитов составляет 6 млрд. евро или около 1 млн. тонн в натуральном выражении. Это определяет важность стратегического направления на развитие отечественного производства



технического текстиля [2, с. 24 - 28] и актуальность формирования научно-технологических заделов [3, с. 170 - 175], ориентированных на создание прогрессивных материалов, отвечающих современным требованиям экологической безопасности и обладающих уникальными функциональными свойствами, в т.ч. на основе нанотехнологий.

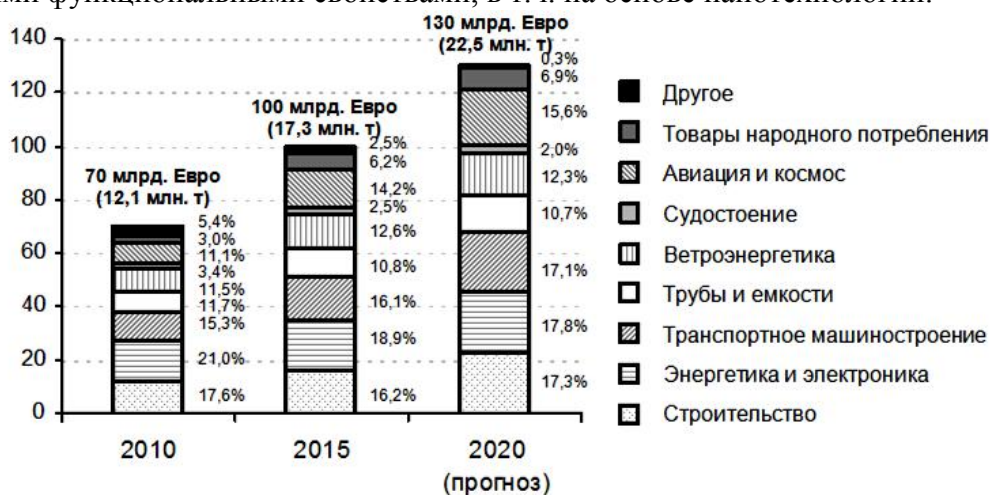


Рис. 1. Структура мирового рынка композитов по отраслям применения

В направлении регулирования механических свойств армированных композитов реализуются передовые методы наномасштабного молекулярного дизайна в организации межфазного слоя с применением современных синтетических подходов к получению полимеров сложной пространственной архитектуры, в частности, гребнеобразных полимеров и молекулярных щеток [4, с. 112 - 123]. Строение их макромолекулы предполагает присоединение к основной цепи узкодисперсных боковых радикалов. При этом жесткость цепи главных валентностей определяется длиной боковых ветвей и их взаимодействием. Создание условий для формирования пространственной структуры межфазного слоя полимерного связующего с проникновением боковых ответвлений в поровую структуру текстильного носителя позволяет в десятки раз изменять упруго-деформационные свойства композита [5, с. 33 - 36; 6, с.105 - 111].

Задачи данного исследования включают обоснование подходов к подбору компонентов связующего и условий их сополимеризации, удовлетворяющих основным требованиям технологического процесса создания промежуточного продукта (препрега) и конечного композита с необходимыми параметрами упруго-деформационных свойств. В частности, специфика получения армированных прокладочных материалов для швейного производства предусматривает минимальное снижение формообразующей способности пакета материалов в процессе скрепления деталей изделия и придания ему необходимой объемной формы, для закрепления которой жесткость пакета должна повышаться на заключительной стадии влажно-термической обработки. Моделируя условия данных обработок, предполагается определить температурные параметры изменения состояния полимерных объектов, потенциально пригодных для получения композиционных полимерно-волокнистых материалов прокладочного назначения для швейного производства.

Первую группу полимеров составляют термоплавкие порошки полиамидного клея ПА-1 и ПА-2, традиционно используемые для получения термоклеевых прокладочных материалов путем нанесения его в расплавленном состоянии на тканые, трикотажные или нетканые полотна текстильного носителя. Для анализа методом ДСК использовалась выпускная порошковая форма препаратов ПА-1 и ПА-2 без дополнительных приемов препарации перед загрузкой в измерительный тигель дифференциального сканирующего калориметра DSC 204 F1 Phoenix с  $\mu$ -сенсором.

Вторую группу составляют препараты армирующих полимерных дисперсий полиакрилатной или полиуретановой природы: Акремос 120Д, Акремос 304, Акремос 306,

Акremos 402 - производитель ООО «Опытный завод акриловых дисперсий» (г. Дзержинск Нижегородской обл., Россия); Аквапол 10, Аквапол 11, Аквапол 21, Аквапол 23 – производитель НПП «Макромер» (г. Владимир, Россия); Акратам AS 01-М, Акратам AS 02 – производитель ОАО «Пигмент» (г. Тамбов, Россия); Анзал КС – производитель ЗАО «Экос-1», поставщик ф. «Траверс» (Россия); Evo Fin BFF – производитель Dy Star (Frankfurt, Германия). ДСК-анализу подвергались препараты, отлитые при комнатной температуре на стеклянных пластинах и представляющие собой пленку или осушенную в результате испарения влаги вязкую массу.

Третью группу анализируемых объектов представляют продукты совместной кристаллизации объектов группы 2 в сочетании с одним из объектов группы 1. Препарация осуществлялась введением 10 масс.% порошка ПА-1 или ПА-2 в промышленную форму гидрозоля армирующих полимеров из группы 2 с последующей отливкой и сушкой смеси на стеклянных пластинах в аэробных условиях по аналогии с приготовлением объектов 2.

Для оценки полноты испарения влаги из препарированных образцов групп 2 и 3 осуществляли контрольное взвешивание образцов после выдержки в вакуумном шкафу марки ШСВ-11/2,5 при температуре  $27 \pm 1^\circ\text{C}$  и давлении 10 мм. рт. ст.

В результате проведенных исследований установлены следующие закономерности, имеющие важное научно-практическое значение для достижения цели и задач проекта.

*Закономерность 1.* Препараты полиамидного клея ПА-1 и ПА-2 имеют существенные различия температурных параметров физических и химических превращений.

Термограмма полиамидного клея ПА-1 (рис. 2-а) демонстрирует отсутствие скачкообразного изменения теплоемкости системы, связанного с релаксационными переходами стеклования/расстекловывания, что свидетельствует о высококристаллическом состоянии композиции, плавление которой хоть и начинается при относительно невысокой температуре, но требует значительных затрат тепла. Вместе с тем препарат обладает выраженной микрогетерогенностью молекулярных параметров полимеров, что отражается в широте диапазона и сложном характере пика плавления. При этом установлено, что нагрев до  $85^\circ\text{C}$  обеспечивает конгруэнтное плавление: повторный скрининг образца после его охлаждения от этого температурного максимума дает воспроизводимый ход кривой ДСК. Вместе с тем нагрев выше  $88,3^\circ\text{C}$  вызывает необратимые химические превращения в системе, очевидно, обусловленные протеканием полимеризационных процессов, которые завершаются при  $92,5^\circ\text{C}$  переходом системы в термостабильное состояние. Следовательно, низко- и высокомолекулярная фракции полимера в препарате ПА-1 имеют температуры плавления соответственно  $T_{\text{П1}} = 49,1^\circ\text{C}$  и  $T_{\text{П2}} = 83,2^\circ\text{C}$ . Температура реакционной способности полимеров  $T_{\text{R}} = 88,3^\circ\text{C}$ .

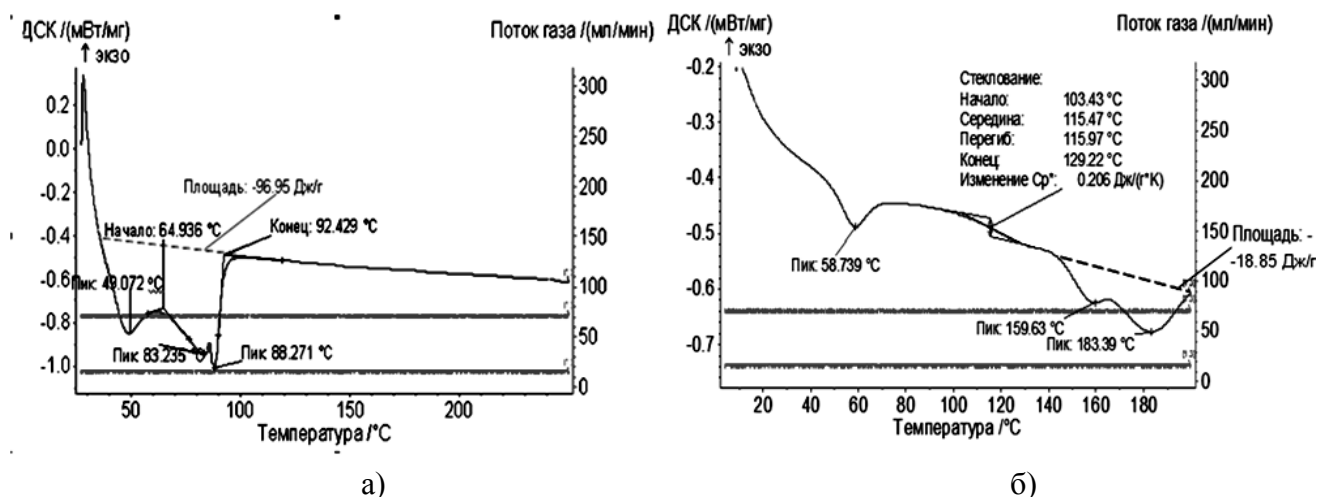


Рис. 2. Термограммы препаратов ПА-1 (а) и ПА-2 (б)

Препарат ПА-2 имеет аморфно-кристаллическое надмолекулярное строение. При этом аморфные области в воздушно сухом состоянии материала способны поглощать атмосферную влагу, удаление которой обуславливает существенное снижение теплоемкости образца и наличие эндопика с максимумом при 58,7°С (рис. 2-б), отсутствующего при обратном скрининге в режиме охлаждения от температуры 100°С. Нагрев выше 100°С вызывает переход из застеклованного состояния ( $T_C = 115,47^\circ\text{C}$ ) с последовательным протеканием стадии конгруэнтного плавления ( $T_{П1} = 159,6^\circ\text{C}$ ) и накладывающихся на него превращений инконгруэнтного плавления более термостойких фракций ( $T_{П2} = 183,4^\circ\text{C}$ ).

*Закономерность 2.* В числе исследуемых препаратов полимерных дисперсий на акрилатной и полиуретановой основе выявлена группа материалов, не проявляющих склонности к взаимодействию с твердофазными частицами препаратов полиамидного клея или их расплавами.

К индифферентным системам относятся продукты сокристаллизации препаратов Акремос 304, Акремос 306 или Аквапол 10 с обоими видами термоплавого полиамидного клея, а также препаратов Анзал КС и ПА-2. Результаты ДСК-скрининга последней пары препаратов, представленные в качестве примера на рис. 3-а, наглядно иллюстрируют, что на термограмме смесового образца практически в неизменном положении по температурной оси проявляются все аномалии фазовых превращений, характерные для индивидуальных компонентов. Уменьшение амплитуды пиков пропорционально отражает пониженное доленое содержание ингредиентов в продукте совместной кристаллизации. Данная группа полимерных дисперсий может в сочетании с термоплавыми клеями ПА-1 и ПА-2, применяемыми для нанесения на клеевые прокладочные материалы, не обеспечит формирования в структуре текстильного носителя сополимерных образований для достижения армирующего эффекта и регулирования упруго-деформационных свойств полимерно-волокнутого композита.

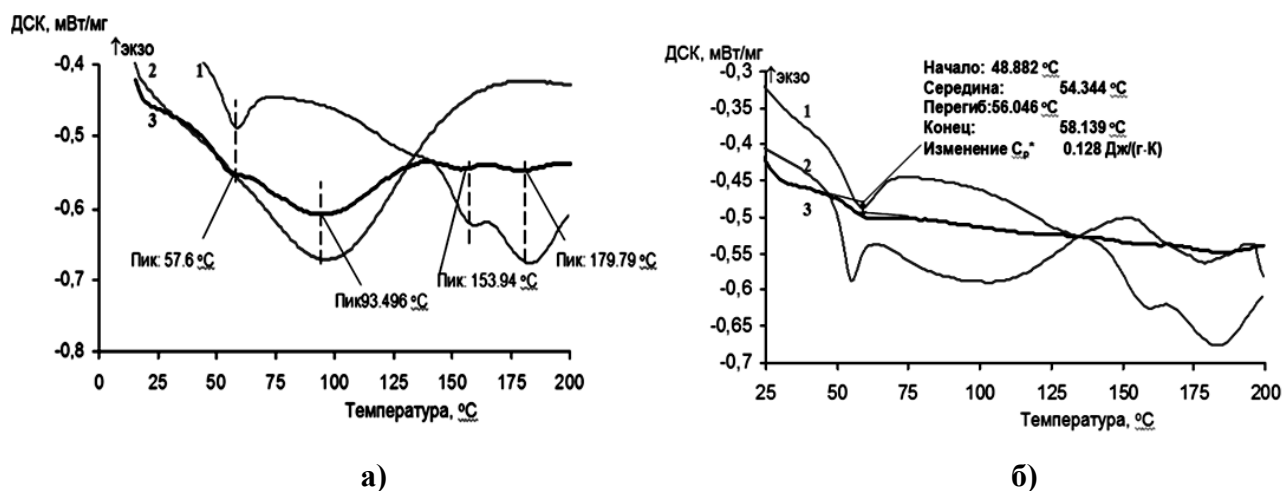


Рис. 3. Сопоставление ДСК-кривых препарата ПА-2 (1) с термограммами для индивидуальных полимерных дисперсий (2) Анзал КС (а) и Акремос 120Д (б) и аддуктов их сокристаллизации (3)

*Закономерность 3.* Выявлена возможность межмолекулярного взаимодействия полимеров при введении препаратов ПА-1 и ПА-2 в гидрозоль некоторых полимерных дисперсий и осуществлении совместной кристаллизации при комнатной температуре.

Отмеченная закономерность характерна для смесовых продуктов на основе препаратов Акремос 120Д, Акремос 402 с обоими видами клеевого препарата, а также композиции Evo Fin BFF и ПА-1. Для таких систем характерно сглаживание или полное исчезновение пиков отдельных компонентов (рис. 3-б). Наряду с этим основным признаком объединения систем в данную группу является отсутствие термоинициируемых превращений, что необходимо с учетом технологических требований к создаваемому

ассортименту армированных композиционных материалов прокладочного назначения, жесткость которым должна придаваться на заключительной стадии формообразования дублированных деталей одежды в условиях влажно-термической обработки.

*Закономерность 4.* Выявлены факты необратимых химических превращений индивидуальных компонентов исследуемых систем, а также проявления термореактивной способности аддукта совместной кристаллизации.

Пример проявления данной закономерности представлен на рис. 4. На кривой ДСК в режиме нагрева аддукта (кр. 2) вслед за пиком плавления, требующим значительно меньших затрат энергии по сравнению с эндоэффектом для используемого полиамидного клея (см. рис. 2-а), следует экзотермическая аномалия в диапазоне 111...135°C, которая отсутствует на термограммах индивидуальных компонентов: армирующего полимерного препарата (кр. 1) и клея ПА-1.

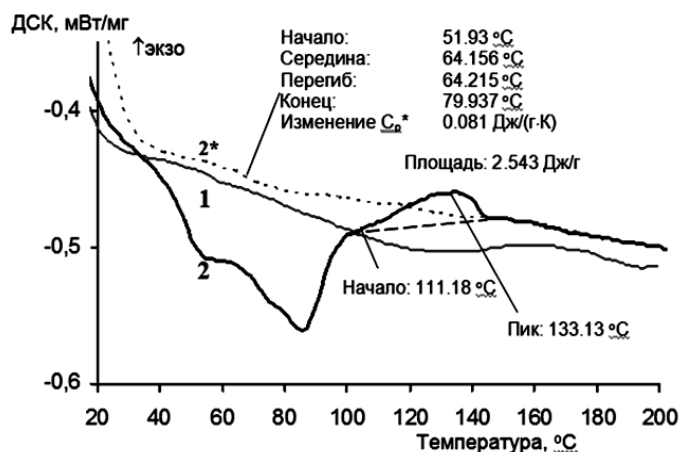


Рис. 4. ДСК-кривые препарата Акратам AS-02 (1), аддукта его сокристаллизации с ПА-1 в режиме первичного нагрева (2) и повторной тепловой обработки (2\*)

Показательно, что на термограмме повторного нагрева аддукта (кр. 2\*) совпадение с ходом кривой нагрева (кр. 2) наблюдается от точки завершения экзотермической аномалии 143°C. Образец, прошедший стадию нагрева, пребывает в застеклованном состоянии с параметром  $T_C = 64^\circ\text{C}$ . Таким образом, система переходит в новое состояние сополимера, причем, с учетом решаемых технологических задач, это происходит в температурном диапазоне удобном для реализации взаимодействия компонентов на стадии влажно-термической обработки швейного изделия, когда и требуется отверждение полимерного связующего композитного прокладочного материала.

Закономерность 4) распространяется также на системы, образуемые клеевыми препаратами ПА-1 и ПА-2 с армирующими полимерными дисперсиями Аквапол 11, Аквапол 21, Акратам AS 01-М, и на композиции препаратов Анзал КС или Evo Fin BFF с ПА-2.

Полагая, что технологическим задачам формирования композитного материала отвечают условия плавления полимерной композиции при температуре 80...100°C и проявления реакционной способности при температуре 100...140°C, осуществлен отбор перспективных сочетаний клеевого и армирующего компонентов. В связи с завышенным температурным порогом проявления реакционной способности в число перспективных вариантов не попали композиции Аквапола 11, Аквапола 21 или Акратам AS-02 с клеевым полимером ПА-2. Вместе с тем представляется вполне вероятным получение необходимого результата в случае использования указанных армирующих полимерных дисперсий в сочетании с более легкоплавким клеевым полимером.

Сведения о температурных параметрах аномалий на кривых ДСК аддуктов сокристаллизации, образованных перспективными сочетаниями компонентов, суммированы в таблице.

Таблица.

Температурные параметры фазовых и химических превращений аддуктов сокристаллизации композиций клеящего и армирующего полимерных препаратов

Компоненты образца	Плавление		Сополимеризация	
	$T_{п1}, ^\circ\text{C}$	$T_{п2}, ^\circ\text{C}$	$T_{\text{нач}} \dots$ $T_{\text{ок}}, ^\circ\text{C}$	$T_{\text{max}},$ $^\circ\text{C}$
Аквапол 11 + ПА-1	49,9	85,8	120,5 ...182,3	168,5
Аквапол 21 + ПА-1	51,7	85,9	102,2 ...148,3	132,7
Акратам AS 01-М + ПА-1	-	86,1	121,9 ...>200	
Акратам AS 01-М + ПА-2	-	85,7	121,9 ...>200	
Акратам AS 02 + ПА- 1	54,2	85,7	111,2 ...143	133,1
Анзал КС + ПА-1	49,4	86,7	119,2 ...>200	190
Evo Fin BFF + ПА-2	50,7	-	125,2 ...195,2	164,1

Представленные результаты свидетельствуют, что в наибольшей степени требованиям технологического цикла создания и закрепления объемной формы швейных изделий с применением разрабатываемых композиционных прокладочных материалов отвечает сочетание обоих видов клеящего полимера с акрилатной композицией препарата Акратам AS-01М. Исчезновение раннего пика плавления, характерного для индивидуальных термограмм клевого полимера, подтверждает наличие координационного взаимодействия еще на растворной стадии смешения компонентов и совместной их кристаллизации. При этом формирование расплава, необходимого для проявления адгезионных свойств и соединения текстильных полотен в пакете дублированной детали швейного изделия, обеспечивается при нагреве выше  $86^\circ\text{C}$ . Полимеризационные процессы активируются, начиная со  $122^\circ\text{C}$ . Причем в диапазоне до  $200^\circ\text{C}$  температурный максимум экзоэффекта не выявлен, что, с одной стороны, ориентирует на применение максимальной интенсивности нагрева на заключительной стадии закрепления объемной формы швейного изделия, с другой стороны, позволяет сделать предположение о возможности использования температурного параметра для регулирования глубины химических превращений и жесткости полимерного связующего композитного материала.

Таким образом, представленные в таблице сочетания клеящего и армирующего полимерных препаратов можно рассматривать в качестве альтернативных составляющих для получения блок-сополимерного связующего композиционных материалов. Наличие в них легкоплавкой фракции, по-видимому, является следствием ограниченной совместимости компонентов на стадии сокристаллизации и автономным плавлением легкоплавких (с пониженной степенью полимеризации) фракций клевого полимера. Это, очевидно, не является препятствием для реализации функций комбинированного полимерного связующего, но может повлиять на выбор условий сушки прокладочного материала после нанесения армирующей полимерной композиции.

Исследования проведены в рамках выполнения государственного задания № 11.1898.2014/К Минобрнауки РФ с использованием научно-исследовательского оборудования Центра коллективного пользования «Верхневолжский региональный центр физико-химических исследований».

## ЛИТЕРАТУРА

1. Формирование массовой индустрии композиционных материалов для повышения конкурентоспособности гражданских секторов экономики. Минпромторг РФ. Режим доступа: [http://csr-nw.ru/files/csr/file\\_content\\_1234.pdf](http://csr-nw.ru/files/csr/file_content_1234.pdf). (дата обращения 03.10.2016).
2. Корнилова Н.Л., Чистобородов Г.И., Федосов С.В. Будущее отрасли – технический текстиль, функциональные материалы с новыми или улучшенными эксплуатационными свойствами // Изв. вузов. Технология текст. пром-сти. 2014. № 4 (352). С. 24-28.
3. Федосов С.В., Акулова М.В., Кокшаров С.А. и др. Теоретические основы теплопереноса в перспективных технологиях производства материалов текстильной и строительной отраслей промышленности // Изв. вузов. Технология текст. пром-сти. 2015, № 6. С. 170-175.
4. Кокшаров С.А., Корнилова Н.Л., Федосов С.В. Получение армированных композиционных материалов с нанопористым текстильным носителем и щеточным строением полимерного межфазного слоя // Росс. хим. ж. 2015. Т. LIX. №3. С. 112-123.
5. Кокшаров С.А. О применении метода динамического светового рассеяния для оценки размера наночастиц в бикомпонентном гидрозоле // Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2015. Т. 58. № 1. С. 33-36.
6. Кокшаров С.А., Корнилова Н.Л., Федосов С.В. Модификация полиэфирного волокна для создания композитных материалов с регулируемой жесткостью // Изв. вузов. Химия и химическая технология 2016. Т. 59 № 6. С. 105-111.

УДК 677.11.08

### **ЗАДАЧИ НАНОСТРУКТУРНОЙ МОДИФИКАЦИИ БИОПОЛИМЕРНОЙ СИСТЕМЫ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЭФФЕКТИВНЫХ ФИТОСОРБЕНТОВ**

### **THE PROBLEMS OF NANOSTRUCTURED BIOMODIFICATION FOR BIOPOLYMERIC SYSTEM IN PLANT RAW TO OBTAINING OF EFFECTIVE PHYTOSORBENTS**

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

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

Оценено специфическое влияние обработки биомассы травянистых растений адсорбирующимися целлюлолитическими ферментами и их композицией с протеазами на изменение удельной поверхности материалов, степени структурного высвобождения пектиновых веществ и сорбционной емкости по белковому маркеру. Методом корреляционного анализа дифференцирован вклад механизмов физической и химической адсорбции при поглощении альбумина и показаны возможности увеличения хемосорбционной составляющей в 1,4...1,5 раза на фоне возрастания роли структурного фактора в 4,2...5,1 раза.

Ключевые слова: клетчатка; полиурониды; структурный белок; локальная биодеструкция; структурное высвобождение пектина; удельная поверхность; физическая адсорбция; хемосорбция; белковосвязывающая способность.

The specific effect of treatment for herbaceous plants biomass by cellulolytic enzymes and their compositions with the proteases for the change of the materials specific surface area, to the degree of structural pectin liberation and to the sorption capacity to protein marker having been evaluated. By the correlation analysis method the contribution of physical and chemical adsorption at the albumin sorption having been differentiated and the possibility of increasing the chemisorption of 1.4...1.5 times at the increasing role of structural factors 4.2...5.1 times having been shown.

Keywords: herbaceous plants; fiber; polyuronide; structural protein; local biodegradability; structural pectin liberation; specific surface area; physical adsorption; chemisorption; ability to bind protein.

В настоящее время производство фитокомпозитов для диетического питания является интенсивно развивающейся отраслью биохимии и биотехнологии, которая ориентирована на повышение ценности и усиление положительного влияния препаратов и снижение их возможных побочных воздействий. Среди имеющегося ассортимента диетических добавок и фитопродуктов широкое распространение получили, так называемые, «пищевые волокна» [1-3], сырьевой базой для получения которых могут служить, в том числе, травянистые растения. В состав пищевых волокон входят некрахмальные полисахариды, такие как целлюлоза, гемицеллюлоза, пектины, а также лигнин, относящийся к классу гетероцепных биополимеров, и полипептиды.

Важнейшей функцией диетических фитокомпозитов на основе пищевых волокон является проявление ими свойств энтеральных сорбентов, специфика действия которых заключается в способности связывать экзо- и эндогенные вещества в желудочно-кишечном тракте путем адсорбции, абсорбции, ионного обмена, комплексообразования [4]. При этом в отличие от сорбентов в целом, для группы энтеросорбентов важное значение имеет не только общая характеристика сорбционной емкости (количество вещества, которое может поглотить сорбент на единицу своей массы), но также и способность сорбировать соединения с разным размером и массой молекулы.

Физико-химические свойства растительных материалов определяются их полимерным составом. Посредством воздействия на определенные полимерные спутники целлюлозы биохимическими методами пространственно локализованного воздействия белковых катализаторов можно обеспечить достижение требуемого уровня заданных функциональных характеристик на определенных стадиях обработки биополимерных систем [5]. Так, на примере облагораживания льняных волокнистых материалов, в работах [6,7] показано, что целенаправленная ферментативная деструкция пектиновых веществ в поверхностном слое инкрустов и в зонах межклетных образований, препятствующих дроблению лубоволокнистых пучков, при сохранении гемицеллюлоз обеспечивает достижение уникального сочетания высокой тонины и прочности льняной пряжи. Разрушение полимерных компонентов срединных пластинок, включая лигнин и природные окрашенные соединения, способствует достижению высокого уровня белизны текстильных материалов при обеспечении улучшенных капиллярных свойств [8,9]. Деструкция лигнина в одревесневших межклетных образованиях технического волокна с сохранением разветвленного лигно-углеводного комплекса в структуре полимерного матрикса клеточной стенки элементарных волокон открывает новые возможности придания льняным полотнам уникальных эффектов перманентного (устойчивого к стиркам) мягчения, а также формирования ворсовой фактуры [10,11].

Отработанные подходы к использованию ферментативного катализа в процессах наноструктурной модификации биополимерных систем и методы оптимизации состава полиферментных композиций могут получить дальнейшее развитие для решения задач повышения физиологической активности травянистых растений и создания на их основе высокоэффективных фитокомпозитных сорбентов. В этом случае также необходимо определить структурный уровень модификации растительной биомассы с учетом ее полимерного состава и распределения в полимерной матрице.

Объектами исследования является биомасса следующих видов травянистых растений: зверобой *Hyperici herba*, солодка *Glycyrrhiza glabra*, ревень *Rhéum officinále* и лопух *Arctium*. Характеризуя расположение полимеров в клетчатке растительного сырья (см. рис.1), следует отметить, что нейтральные углеводы (целлюлоза и гемицеллюлозы), пектиновые вещества и полипептиды ориентированы в трех взаимно перпендикулярных направлениях.

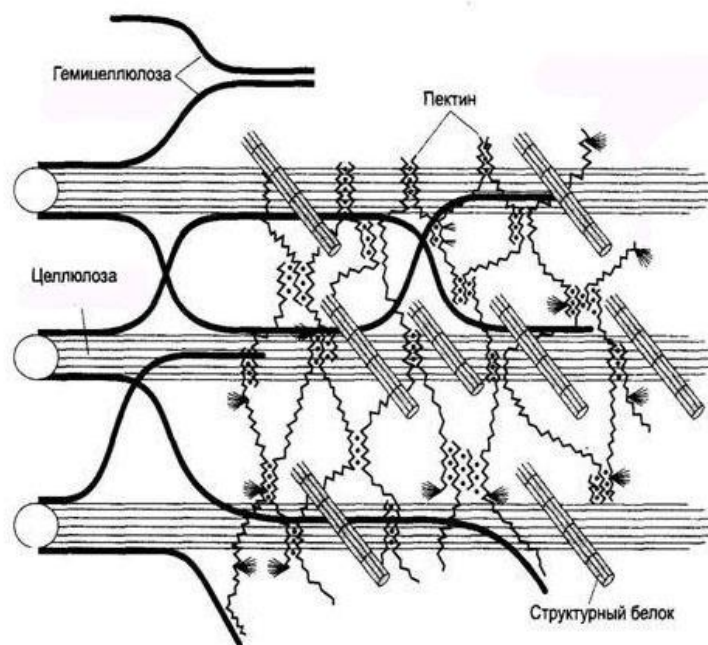


Рис.1. Структура углеводно-белкового комплекса в клетчатке растительного сырья [12]

Логично ожидать, что для развития внутренней поверхности растительных тканей, способной сорбировать соединения с крупными размерами и большой массой молекулы, необходимо добиться точечной деструкции нейтральных полисахаридов с максимальным обеспечением сохранности разветвленной структуры пектиновых веществ. С этих позиций целесообразно использовать препараты целлюлазного действия, такие как В200 мiх 3В (ЦП 1), в котором основной деполимеризующий компонент эндоглюканаза обладает способностью к прочному адсорбционному связыванию с целлюлозным субстратом и локализованному разрушению целлюлозных фибрилл по механизму «множественной атаки». Кроме того, фермент проявляет активность к  $\beta$ -глюканам и ксилоглюканам, составляющих основу гемичеллюлозных соединений, которые ориентированы вдоль оси фибрилл целлюлозы.

Пектиновые вещества, проявляющие выраженную хемосорбционную активность [13], целесообразно не только сохранить, но и максимально повысить их доступность для взаимодействий с сорбируемыми соединениями. Дополнительную подвижку внутренней структуры растительных тканей может обеспечить разрушение белковых соединений, ортогонально расположенных по отношению к целлюлозе и взаимодействующих с карбоксильными группами макромолекул пектинов, скрепляя тем самым поперечно сшитую сетку углеводно-белкового комплекса, который составляет основу межфибриллярного матрикса. В этой связи вторым вариантом активации процессов разрушения клетчатки и высвобождения пектиновых веществ является применение целлюлазного препарата в модификации ЦП 2 с дополнительным введением в его состав протеолитических ферментов, которые обладают субстратной специфичностью в отношении структурных белков клеточной стенки.

Для решения задач, направленных на обеспечение развития внутренней поверхности биомассы растительных материалов, проведена сопоставительная оценка эффективности применения ферментных композиций ЦП 1 и ЦП 2 в процессах обработки анализируемых объектов исследования.

Модифицирование структуры растительных объектов препаратами ЦП 1 или ЦП 2 осуществляли по режиму, который предусматривает обработку биомассы в растворе ферментных композиций при температуре  $40 \pm 0,1^\circ\text{C}$ , pH 6,5 и модуле ванны 1:10 при варьировании продолжительности воздействия  $t=1,5 \dots 2,5$  ч с последующей промывкой водой.



Состояние поровой структуры образцов травянистых растений оценено по показателю площади удельной поверхности мезопоровых пространств  $S_{уд(мезо)}$ , определяемому методом сорбции метиленового голубого в соответствии с ГОСТ 13144-79. Структурное высвобождение пектиновых веществ  $G_{ПВ}$  охарактеризовано по изменению количества полимера, извлекаемого раствором щавелевой кислоты, обладающей селективным экстрагирующим действием [14]. Изменение сорбционной активности субстратов  $A_B$  оценено по отношению к модельному белковому соединению - сывороточный альбумин с молекулярной массой 66000.

На примере четырех видов травянистых растений получены согласующиеся результаты влияния биомодификации на эффективность развития внутренней поверхности поровых пространств в образцах растительных материалов и повышения в их структуре доступности пектиновых веществ, а также на улучшение белковосвязывающей способности объектов по мере увеличения длительности биообработки. В качестве примера на рис.2 представлены полученные результаты для биомодифицированной растительной массы зверобоя.

Полученные данные подтверждают, что структурная модификация растительных объектов под действием целлюлолитических ферментов препарата ЦП 1 обеспечивает эффективное увеличение показателя  $S_{уд(мезо)}$  в 2,0...2,5 раза относительно исходного уровня для немодифицированных растительных объектов. Очевидно, что такое резкое увеличение площади удельной поверхности мезопоровых пространств связано не только с разрушением фибрилл целлюлозы, а прежде всего, с разрывом гемицеллюлозных «стяжек». Модификация структуры сопровождается повышением в 1,15...1,3 раза доступности пектинов для химических взаимодействий, что позитивно отражается на эффективности сорбции белкового маркера. Однако, не смотря на структурные преобразования, система по-прежнему остается прочно сшитой гликопротеиновой полиуронидной сеткой. В частности, сравнительный анализ кинетики биохимического воздействия ферментными препаратами ЦП 1 и ЦП 2 наглядно демонстрирует, что в первом случае даже после 2,5 часов биомодификации уровень развития удельной поверхности биомассы значительно уступает значению величины  $S_{уд(мезо)}$  для варианта обработки, предусматривающего 1,5-часовое воздействие препаратом ЦП 2 с протеолитической поддержкой.

Причина столь высокой эффективности применения биопрепарата ЦП 2 заключается в возможности его воздействия на биополимерный матрикс одновременно в двух направлениях, обеспечивая с одной стороны расщепление нейтральных углеводов клетчатки, а с другой – деструкцию белковых компонентов связующего вещества. Это обуславливает не только 4...5-кратное возрастание величины  $S_{уд(мезо)}$ , но также способствует практически полному высвобождению полиуронидов в структуре растительной матрицы, что проявляется в значительном повышении хемосорбционной способности пектинов в отношении модельного сорбата - альбумина.

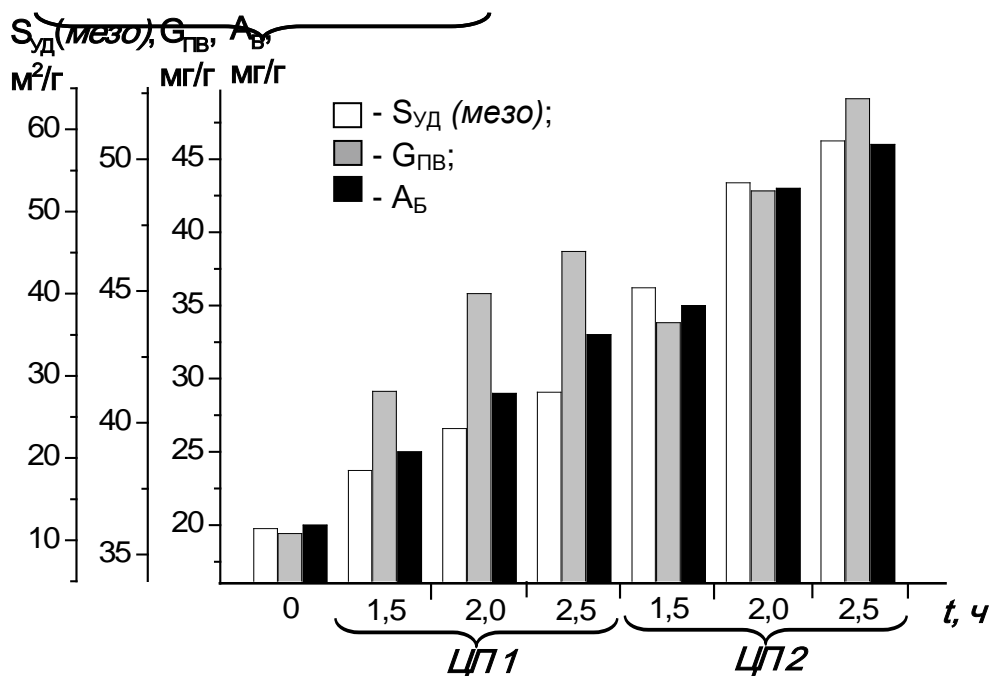


Рис. 2. Результаты оценки площади удельной поверхности мезопорозых пространств, структурного высвобождения пектиновых веществ и изменения сорбционной емкости биомассы зверобоя *Hyperici herba* по отношению к белковым соединениям

Применение белкового маркера позволяет количественно охарактеризовать эффективность механизмов физической адсорбции на поверхности субстрата и межчастичных взаимодействий полипептидов с функциональными группами полиуронидной составляющей клетчатки.

На базе экспериментальных данных, полученных для всех анализируемых видов травянистых растений, проведена дифференциация вклада механизмов физической и химической адсорбции в совокупный результат поглощения растительным субстратом белкового соединения. Математическая обработка данных проведена методом регрессионного анализа с использованием программы Statgraphics PLUS 2000 Professional. Зависимости, которые позволяют с высокой степенью аппроксимации описать экспериментальные данные и закономерности в изменении адсорбционной емкости сравниваемых субстратов, имеют согласующий вид:

$$\text{- зверобой: } A_B^z = 0,0554 + 4,6508 \cdot G_{ПВ} + 0,3706 \cdot S_{уд}(\text{мезо}), R = 0,9971 \quad (1)$$

$$\text{- солодка: } A_B^c = 0,0318 + 3,6232 \cdot G_{ПВ} + 0,9129 \cdot S_{уд}(\text{мезо}), R = 0,9860 \quad (2)$$

$$\text{- ревень: } A_B^p = 0,0378 + 5,1031 \cdot G_{ПВ} + 0,3646 \cdot S_{уд}(\text{мезо}), R = 0,9959 \quad (3)$$

$$\text{- лопух: } A_B^l = 0,0115 + 5,0901 \cdot G_{ПВ} + 0,4726 \cdot S_{уд}(\text{мезо}), R = 0,9876 \quad (4)$$

Сопоставительный анализ значений приращенных множителей в уравнениях (1-4) позволяет сделать следующие заключения:

- превалирующая роль в проявлении белковосвязывающей способности растительной биомассы принадлежит «пектиновому компоненту» при  $G_{ПВ}$ ;
- свободный член уравнения имеет пренебрежимо малые значения, что позволяет сопоставить вклад химического и физического факторов в адсорбционные характеристики сравниваемых растительных образцов.

Обобщенная корреляционная зависимость с учетом всей совокупности анализируемых растительных объектов имеет вид:

$$A_{\text{Б}}^{\text{Общ}} = 0,0905 + 5,2660 \cdot G_{\text{ПВ}} + 0,3952 \cdot S_{\text{уд}}(\text{мезо}), R = 0,9912 \quad (5)$$

Для исходных растительных объектов и материалов, биомодифицированных препаратами ЦП 1 и ЦП 2, осуществлена дифференциация влияния структурного высвобождения пектиновых веществ и развития элементов поровой структуры субстрата на изменение его адсорбционной емкости по белку. Результаты представлены на рис. 3.

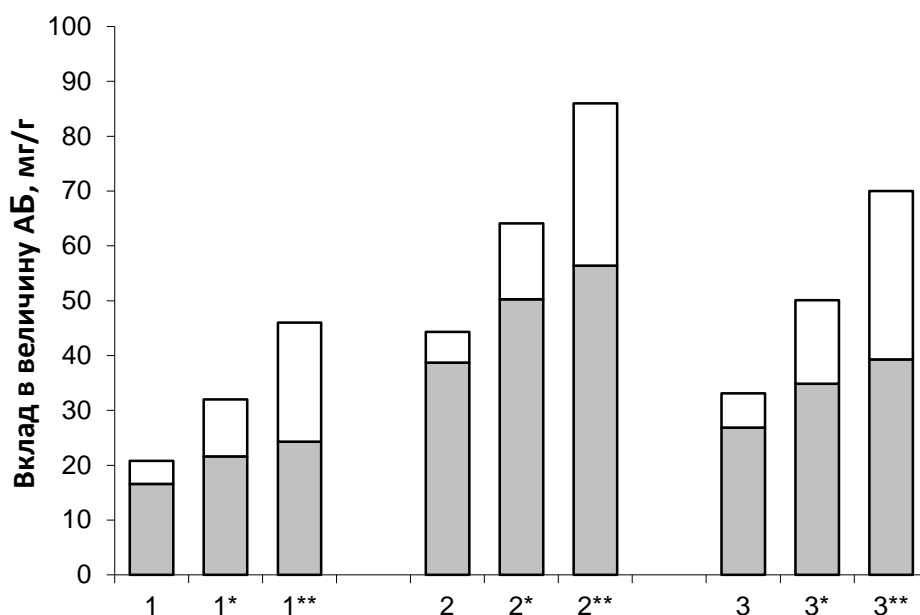


Рис. 3. Дифференциация вклада доступности пектиновых веществ (серый сегмент столбца -  $G_{\text{ПВ}}$ ) и развития элементов поровой структуры субстрата (белый сегмент столбца -  $S_{\text{уд}}$ ) в достигаемую величину адсорбционной емкости по белку для исходных травянистых субстратов (1-3) и образцов, биомодифицированных препаратами ЦП 1 (1\*-3\*) и ЦП 2 (1\*\*-3\*\*):

- 1,1\*,1\*\* - зверобой *Hyperici herba*;
- 2,2\*,2\*\* - ревеня *Rhéum officinale*;
- 3,3\*,3\*\* - лопух *рода Arctium*.

Представленные данные позволили количественно оценить роль определяющего фактора в проявлении сорбционных свойств исследуемых растительных субстратов в отношении белковых соединений. Превалирующей характеристикой является хемосорбционная способность биомассы. Вклад доступности пектиновых веществ в исходных образцах растительных материалов в величину совокупного показателя  $A_{\text{Б}}$  составляет 70...87 % при весомости структурного фактора на уровне 13...30 %.

Относительно уровня значений для исходных растительных материалов ферментативная обработка препаратом ЦП 1 позволяет увеличить в 1,2...1,3 раза количество сорбированных белков, удерживаемых в структуре биомассы пектиновыми веществами. Однако относительный вклад хемосорбционной способности образцов снижается, поскольку обеспечивается развитие дополнительных механизмов удержания белков при их физической сорбции. Нетрудно видеть, что вклад структурного фактора в совокупный результат  $A_{\text{Б}}$  возрастает в 2,3...2,5 раза за счет развития мезопоровых пространств в структуре полимера.

Эффективное структурное высвобождение пектинов при комбинированном воздействии на полимеры клетчатки препаратом ЦП 2 способствует повышению сорбции белков в 1,7...1,8 раза относительно уровня для исходной биомассы. При этом наряду с увеличивающимся приростом хемосорбционной составляющей в 1,4...1,5 раза, важным результатом биомодификации является возрастание в 4,2...5,1 раза вклада физической

адсорбции в общий показатель поглощения белка. В этом случае доля структурного фактора для белкового маркера может достигать 55 %.

Таким образом, в ходе исследований установлено, что реализация разработанных приемов пространственно локализованного воздействия ферментов на определенные полимерные спутники целлюлозы растительной массы обеспечивает избирательное расщепление примесных соединений, способствующее технологически необходимому развитию мезопоровых пространств и повышению хемосорбционной активности полиуронидных соединений.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Asp N.-G. Dietary fibre analysis – an overview // Eur. J. Clin. Nutr. 1995. Vol. 49. N 3 (Suppl.). P. S42-S47.
2. Englyst H.N., Hudson G.J. The classification and measurement of dietary carbohydrates // Food Chem. 1996. Vol. 57. N 1. P. 15-21.
3. Дудкин М.С., Щелкунов Л.Ф. Пищевые волокна – новый раздел химии и технологии пищи // Вопросы питания. 1998. № 3. С. 36-38.
4. Хотимченко Ю.С., Одинцова М.В., Ковалев В.В. Полисорбовит. – Томск: Изд-во НТЛ, 2001. 132 с.
5. Кокшаров С.А., Алеева С.В. Биохимическая модификация полисахаридов в процессах текстильного производства // Научные основы химической технологии углеводов / Под ред. А. Г. Захаров. – М.: Изд. ЛКИ. 2008. С. 401-523.
6. Aleeva S.V., Koksharov S.A. Chemistry and technology of biocatalyzed nanoengineering of linen textile materials // Russian Journal of General Chemistry. 2012. Vol. 82. N 13. P. 2279-2293.
7. Koksharov S.A., Aleeva S.V., Lepilova O.V. Nanostructural biochemical modification of flax fiber in the process of its preparation for spinning // AUTEX Research Journal. 2015. Vol. 15. N 3. P. 215-225.
8. Лепилова О.В., Алеева С.В., Кокшаров С.А. Влияние продуктов ферментативной деструкции углеводных примесей льняного волокна на разрушение лигнина // Известия вузов. Химия и химическая технология. 2007. Т. 50. № 7. С. 71-74.
9. Алеева С.В., Кокшаров С.А. Исследование и описание изменения капиллярности льняной ткани в условиях ферментативной обработки // Известия вузов. Химия и химическая технология. 2012. Т.55. № 3. С. 91-95.
10. Алеева С.В. Влияние содержания лигнина и гемицеллюлоз на жесткость льняных тканых полотен // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2013. № 5 (347). С. 129-131.
11. Алеева С.В., Кокшаров С.А. Оценка гигроскопических и теплофизических свойств льняных полотен с новыми эффектами ворсовой фактуры // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2015. № 5 (358). С. 43-48.
12. Lucas W.J., Wolf S. Plasmodesmata: the intercellular organelles of green plants // Trends in Cell Biology. 1993. N 3. P. 308-315.
13. Chistyakova G.V., Koksharov S.A. Features of pectin biodegradation in the presence of sodium ethylenediaminetetraacetate // Russian Journal of General Chemistry. 2014. Vol. 84. N 4. P.763-766.
14. Лепилова О.В., Алеева С.В., Кокшаров С.А. Оценка степени извлечения и свойств пектина лопуха *Arctium lappa* L. при экстрагировании цитратом аммония // Химия растительного сырья. 2015. № 2. С. 249-251.

## ИССЛЕДОВАНИЕ НАНОВОЛОКНИСТЫХ ПОКРЫТИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОФОРМОВАНИЯ С ДОБАВЛЕНИЕМ ГИАЛУРОНОВОЙ КИСЛОТЫ

### INVESTIGATION OF NANOFIBROUS WEB PRODUCED BY ELECTROSPINNING TECHNIQUE WITH ADDITION OF HYALURONIC ACID

А.В. Евтушенко<sup>1</sup>, Д.Б. Рыклин<sup>1</sup>, Р. Милашиус<sup>2</sup>  
A.V. Yeutushenka<sup>1</sup>, D.B. Ryklin<sup>1</sup>, R. Milasius<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Витебский государственный технологический университет, (Беларусь)

<sup>2</sup>Каунасский технологический университет, (Литва)

<sup>1</sup>Vitebsk State Technological University (Belarus)

<sup>2</sup>Kaunas University of Technology (Lithuania)

E-mail: aleksandr-evtushenko-1990@mail.ru, ryklin-db@mail.ru, rimvydas.milasius@ktu.lt

**Цель работы:** разработка технологии производства материалов косметологического назначения с нановолокнистым покрытием.

Для получения нановолокнистого покрытия использовался раствор полиамида-6 в муравьиной кислоте с добавлением гиалуроновой кислоты. Нанесение покрытия осуществлялось методом электроформования на установке Nanospider. Осуществлен анализ структуры покрытия и ее изменения в процессе температурно-влажностной обработки..

**Ключевые слова:** электроформование; нановолокно; полиамид; гиалуроновая кислота; покрытие.

The objective of the investigation was development of technology of cosmetology material manufacturing with nanofibrous web.

Nanofibrous web was obtained of solution of high-viscosity granulate PA6 in formic acid with addition of hyaluronic acid. Method of electrospinning was used for the nanofibrous web manufacturing. In the paper the web structure and its changes while temperature-humidity treatment were investigated.

**Key words:** electrospinning; nanofiber; polyamide; hyaluronic acid, web.

Перспективным направлением в области нанотехнологий является технология электроформования нановолокон из растворов полимеров. Электроформование волокон – бесфильтрный сухой метод, в котором все процессы формирования волокнистого слоя осуществляются исключительно посредством электрических сил. Среди применений данной технологии особое место занимает разработка новых материалов для медицины и косметологии. В связи с этим проведен анализ активных компонентов препаратов косметологического назначения, в результате чего принято решение о том, что в качестве добавки в формовочный раствор целесообразно использовать гиалуроновую кислоту.

Гиалуроновая кислота используется в косметике как составная часть средств ухода за кожей: кремов, губной помады, лосьонов и пр. Молекула гиалуроновой кислоты может содержать до 25 000 дисахаридных звеньев. Природная гиалуроновая кислота имеет молекулярную массу от 5 000 до 20 000 000 [Да](#).

Было принято решение вводить в состав растворов низкомолекулярную гиалуроновую кислоту, которая отличается меньшим размером молекул - около 5 нанометров, что позволяет легко проникать в кожу, поэтому она действует изнутри на клеточном уровне. Она является хорошим увлажнителем и часто используется в косметике профессионального уровня.

Применение низкомолекулярной гиалуроновой кислоты:

- увеличивает внутренний тканевой объём;
- значительно активизирует деятельность фибробластов;

- оказывает стимулирующее действие на деление клеток, повышает их миграцию;
- ускоряет проникновение активных веществ;
- способствует уменьшению морщин.

При проведении исследований в качестве волокнообразующего материала было принято решение использовать высоковязкий полиамид-6 [1]. На первом этапе получали 11% раствор полиамида-6 в муравьиной кислоте. Затем осуществляли подготовку низкомолекулярной гиалуроновой кислоты, заключающуюся в ее растворении в теплой воде при тщательном перемешивании до образования однородной гелеобразной субстанции, которую добавляли в формовочный раствор полиамида. При этом процентное содержание гиалуроновой кислоты составляло 0,4 % от массы получаемого волокнообразующего раствора. Покрытие наносилось на полипропиленовый нетканый материал.

Нанесение нановолокнистого покрытия осуществлялось на установке Nanospider LAB (рис. 1). В отличие от традиционной технологии электроформования в технологии Nanospider отсутствуют дозирующие прядильные элементы. Эта универсальная технология легко настраивается в соответствии с технологическим процессом для оптимизации конкретных свойств получаемых нановолокон [2]. Нановолокнистое покрытие формируется при подаче волокнообразующего полимера безкапиллярным способом, при котором осадительный электрод располагается над емкостью с раствором.

Экспериментальные исследования осуществлялись при следующих климатических условиях в лаборатории:

- температура воздуха -  $20 \pm 2$  °С ,
- относительная влажность воздуха –  $54 \pm 4$  %.



Рис. 1 Внешний вид установки Nanospider LAB

Параметры процесса электроформования:  
 расстояние между электродами – 140 мм;  
 вид используемого электрода – струнный;  
 скорость движения поверхности – 0,1 м/мин;  
 частота вращения электрода –  $12 \text{ мин}^{-1}$ ;

напряжение – 73 кВ;  
сила тока – 35- 29 мА;  
количество проходов – 2.

Изображение нановолокнистого покрытия на рис 2. получено с использованием электронного сканирующего микроскопа. На фотографии видны застывшие капли раствора (дефекты в виде шариков), причем их количество существенно превышает количество шариков, наблюдавшихся в структуре покрытий, которые были получены без добавления в раствор гиалуроновой кислоты.

Для объяснения причин образования дополнительных капель были выдвинуты следующие гипотезы:

1. введение в раствор гиалуроновой кислоты нарушает стабильность электроформования;
2. увеличение количества застывших капель связано с тем, что дополнительно к имевшимся ранее каплям из полиамида добавились капли из гиалуроновой кислоты. В этом случае образованием подобных капель является положительным эффектом способствующим повышению эффективности использования разрабатываемых материалов в косметологии.

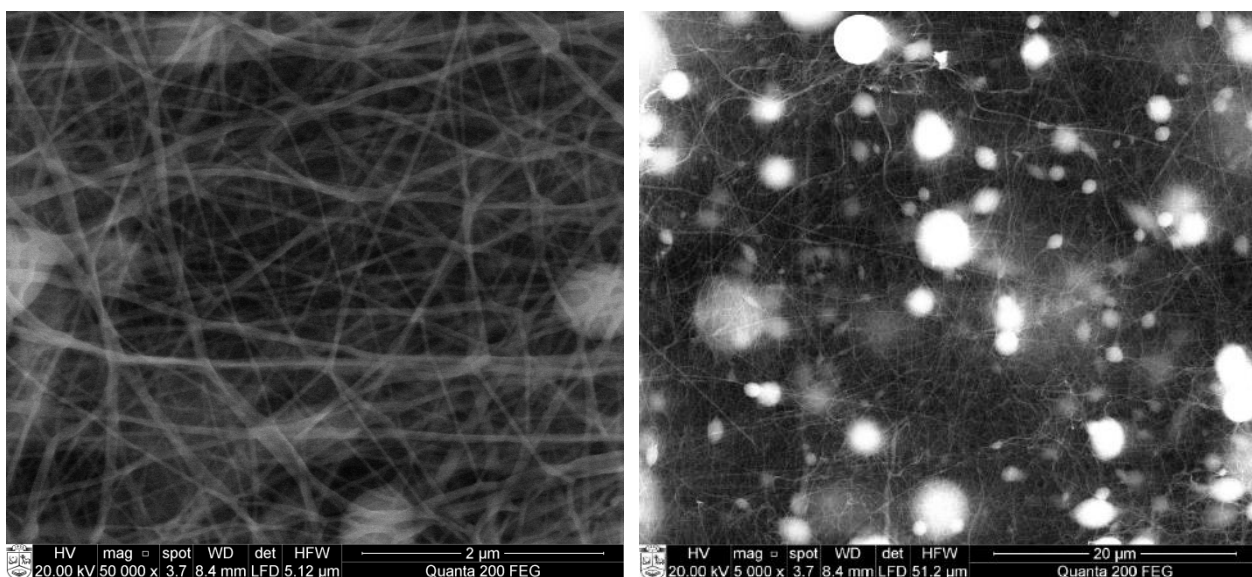


Рис. 2 Изображения нановолокнистого покрытия при различном увеличении:  
а) 50 000 раз; б) 5000 раз

Было принято решение о проведении дополнительных исследований, включающих в себя температурно-влажностную обработку полученных образцов с последующим анализом их изображений с использованием электронного сканирующего микроскопа.

Применялось два варианта обработки – обрабатывать образец горячим паром в течение 30 секунд и погружать образец в теплую воду на 30 секунд. В обоих случаях ожидалось получение деформированных капель в структуре покрытия, так как полное растворение гиалуроновой кислоты в теплой воде занимает от 20 до 60 минут. Увеличение продолжительности обработки могла привести к полному растворению гиалуроновой кислоты и невозможности подтверждения выдвинутых гипотез.

Анализ изображений показал, что в результате запаривания материалов с нановолокнистыми покрытиями существенных изменений их структуры не происходит. Однако анализ изображений покрытия после погружения в теплую воду на 30 секунд показал, что в его структуре появилось значительное количество деформированных капель разной формы, которые ориентированы вдоль нановолокон. При этом часть капель сохранила сферообразный вид, что свидетельствует о том, что эти капли сформированы из полиамида-б.

С помощью программного обеспечения «ImageJ» в нановолокнистых покрытиях измерялись диаметры отдельных капель до и после обработки. До обработки диаметр 73 % каплей находился в диапазоне 301-700 нм, средний диаметр капли составил 583 нм, а содержание капель размером более 1 мкм составляло 8 %. После обработки размеры капель существенно увеличились. Средний диаметр составил приблизительно 1 мкм, а содержание капель размером больше 1 мкм составляло 40 %.

Данный факт позволяет говорить о том, что капли состоят не только из полиамида, часть из них сформирована из гелеобразной субстанции, получаемой при растворении гиалуроновой кислоты в воде.

Таким образом, доказано, что гиалуроновая кислота не оказывается изолированной полиамидом-6 внутри застывших капель и нановолокон и может взаимодействовать с кожей человека в процессе использования получаемых материалов в косметологии.

Работа выполнена в рамках проекта белорусско-литовского сотрудничества «Влияние состава нановолокнистых покрытий на функциональные свойства текстильных материалов» при финансовой поддержке Белорусского фонда фундаментальных исследований (Т15ЛИТ-021) и Научного совета Литвы (ТАР LB-05/2015).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Исследование раствора полиамида-6 для получения нановолокнистых покрытий методом электроформования / Д.Б. Рыклин, Н.Н. Ясинская, А.В. Евтушенко, Д.Д. Джумагулыев // Вестник Витебского государственного технологического университета. Химическая технология и экология. – 2016. – № 1. – С. 90–98.
2. Elmarco [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.nano-volokna.ru/>. – Дата доступа: 19.02.2017.

УДК 541.183:546.571

### НОВЫЙ ХЕЛАТНЫЙ СОРБЕНТ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ

### NEW CHELATE ION EXCHANGERS FOR WATER PURIFICATION

В.И. Грачек, А.П. Поликарпов, А.А. Шункевич, Р.В.Марцынкевич, О.И. Исакович  
V.I. Grachek, A.P. Polikarpov, A.A.Shunkevich, R.V. Martsynkevich, O.I. Isakovich

Институт физико-органической химии НАН, Беларусь, (Минск)

Institute of physical organic chemistry NAS of Belarus (Minsk)

E-mail: grachek@ifoch.bas-net.by

В результате полимераналогичных превращений волокна «нитрон» получен новый аминокарбоксильный волокнистый катионит ФИБАН X-2. Найдено, что условия синтеза 1<sup>ой</sup> стадии ФИБАН X-2 влияют на структуру ионита. Показано, что ионит ФИБАН X-2 является эффективным сорбентом тяжелых и цветных металлов из многоионных водных растворов, независимо от условий проведения 1<sup>ой</sup> стадии синтеза ионита. Катионит ФИБАН X-2, полученный на первой стадии аминирования волокна «нитрон» в паровой фазе, может применяться для очистки водопроводной воды от ионов  $Mn^{+2}$ . Катионит выпускается в виде волокна, нетканого полотна и аппаратной пряжи.

Ключевые слова: волокнистый катионит; структура; сорбция; десорбция; очистка воды.

As a result of polymer-analogous transformations of the "nitron" fiber, a new aminocarboxylic fibrous cation exchanger FIBAN X-2 was obtained. It was found that the conditions for 1<sup>st</sup> stage of Fiban X-2 synthesis affect the structure of the ion exchanger. It is shown that the ion exchanger FIBAN X-2 is an effective sorbent of heavy and non-ferrous metals from multi-ionic aqueous solutions, irrespective to the conditions for 1<sup>st</sup> stage of the ion exchanger synthesis. Cation exchanger FIBAN X-2, obtained in the 1<sup>st</sup> stage by amination of "nitron"



fiber in the vapor phase, can be used to purify tap water from  $Mn^{+2}$  ions. The cation exchanger FIBAN X-2 produce as staple fiber, nonwoven materials and hardware yarn.

**Key words:** fibrous cation exchanger; structure; sorption; desorption; water purification.

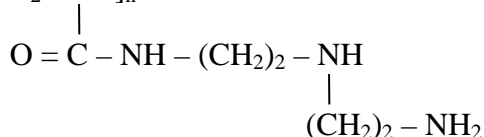
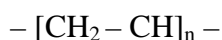
Стремление синтезировать иониты, обладающие повышенной селективностью к отдельным ионам, привело к появлению ряда полимерных сорбентов, содержащих специфические группировки атомов, так называемые хелатообразующие ионообменники [1-3]. Аминокарбоксовые иониты наиболее распространены среди комплексообразующих сорбентов, нашедших применение в практике [4-6]. Такие группы можно ввести в полимерную матрицу путем полимераналогичных превращений.

Волокнистые иониты выгодно отличаются от гранулированных полимерных сорбентов высокой скоростью хемосорбции, возможностью применения в различных формах: штапель, пряжа, нетканые полотна, кноп.

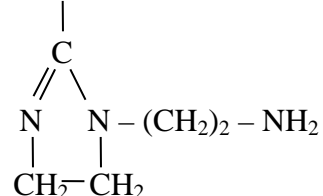
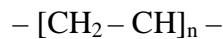
Для получения нового волокнистого хелатного катионита в качестве полимерной матрицы использовано волокно «нитрон» Д (ПАН волокно) Новополоцкого завода «Полимир» ОАО «Нафтан». Волокнистый хелатный сорбент получали в результате двухстадийного синтеза. Первая стадия процесса – аминирование ПАН волокна диэтилентриамином (ДЭТА), вторая стадия процесса – алкилирование аминированного волокна (АВ) монохлоруксусной кислотой или ее натриевой солью (МХУК-Na).

Аминирование волокна нитрон (ПАН-волокно) можно проводить двумя методами. Первый метод – это получение АВ в водной среде амина. Второй метод – получение АВ в паровой фазе. Синтезированный сорбционный материал получил название ФИБАН X-2. Если на первой стадии процесса АВ получали в водной среде, то катионит обозначали буквой «в», т.е. ФИБАН X-2в, если АВ получали в парах амина, катионит обозначали буквой «п» – ФИБАН X-2п.

Ранее методом ИК Фурье спектроскопии исследовано строение аминированных волокон, полученных при разных условиях проведения реакции аминирования ПАН волокна. [7] Поскольку основная область спектра, выбранная для идентификации образцов, состоит из ряда широких, асимметричных и плохо разрешимых полос поглощения, то для идентификации взяты производные спектры, а именно спектры самодеконволюции, которые существенно уменьшают полуширину индивидуальных полос в сложном спектре при сохранении простой колоколообразной формы результирующего контура [8]. Результаты исследований показали, что структуру волокна, полученного аминированием ПАН волокна ДЭТА в водной фазе, можно представить как открытую амидоаминную структуру (I) с незначительной долей имидазолиновой структуры (II), а АВ, полученного в паровой фазе, – как имидазолиновую структуру (II) с частично присутствующей амидоаминной структурой.



I



II

Алкилирование АВ с амидоаминной структурой (I) МХУК-Na приводит к получению ФИБАН X-2в тоже с амидоаминной структурой. Алкилирование АВ, полученного в паровой фазе, приводит к получению основного количества ионита ФИБАН X-2п, содержащего в своей структуре, главным образом, имидазолиновое кольцо (структура III).



преимущественно сорбирует ионы изученных металлов в области рН 5,0 – 6,0. Для катионита ФИБАН Х-2п наблюдается точно такая же картина сорбции ионов тяжелых и цветных металлов, в зависимости от рН. Ряд избирательности ионов для ФИБАН Х-2 при рН 6 имеет следующий вид:  $Pb > Cu \geq Ni > Zn > Cd > Co$ .

Дальнейшие исследования сорбции ионитом ионов металлов мы проводили в области рН, в которой наблюдается оптимальная сорбция того или иного металла.

Для сравнения эффективности сорбции катионитом ФИБАН Х-2 ионов тяжелых металлов из многокомпонентного раствора мы провели исследование из модельного раствора, содержащего смесь солей тяжелых металлов:  $CuCl_2$ ,  $NiCl_2$ ,  $CoCl_2$ ,  $ZnCl_2$ ,  $MnCl_2$  в концентрации по 0,2 ммоль/л на фоне 0,4 ммоль/л  $CaCl_2$ , но в отсутствии в растворе ионов свинца, так как при добавлении в модельный раствор соли  $Pb(NO_3)_2$  при увеличении рН выпадал в осадок бурый гидроксид марганца. Равновесие сорбции ионов тяжелых металлов характеризуется коэффициентом распределения. Зависимости коэффициентов распределения между ионитом и раствором от рН растворов представлены на рис. 2. Коэффициенты распределения металлов  $D$  между ионитом и раствором рассчитывали по формуле:

$$D = \frac{(C_0 - C_p) \cdot V}{g_0 \cdot C_p}, \text{ мл/г} \quad (2)$$

где  $C_0$  – концентрация исходного раствора, мг/л,  $C_p$  – концентрация равновесного раствора, мг/л,  $V$  – объем раствора, мл,  $g_0$  – масса сухой навески ионита, г.

Как видно (рис. 2), коэффициенты распределения для ионов металлов максимальны в области рН 4 – 6, за исключением ионов марганца, у которых максимум наблюдается при рН 5,5-6,5 и ионов цинка, у которых максимум наблюдается при значении рН, начиная с 4,5. Для всех ионов в кислой среде коэффициенты распределения имеют невысокие значения. Исключение составляют ионы меди, у которых уже при рН 2,8 довольно высокое значение коэффициента распределения.

Характер зависимости  $D$  от рН раствора для каждого иона металла можно объяснить процессом комплексообразования иона металла с аминокарбоксильными группами ионита и разной устойчивостью этих комплексов при различных значениях рН.

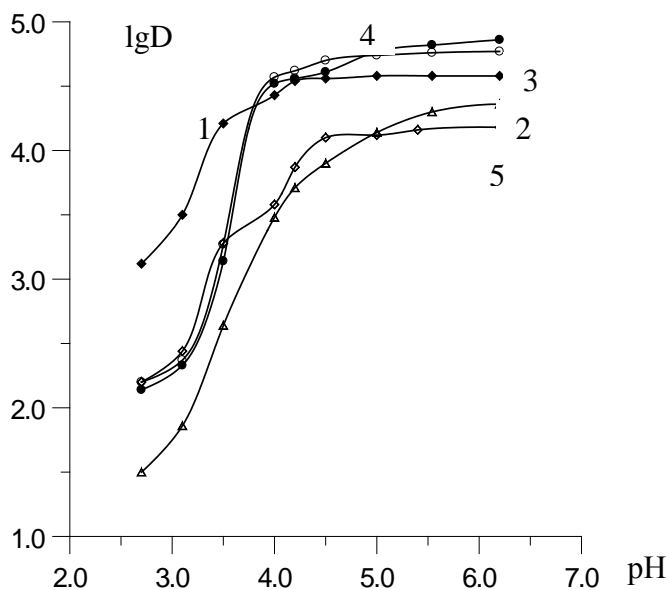


Рис. 2 Зависимость коэффициентов распределения  $D$  между ионитом и раствором от рН равновесного раствора: 1 – Cu, 2 – Mn, 3 – Co, 4 – Ni, 5 – Zn на ФИБАН Х-2

Коэффициенты распределения характеризуют процесс сорбции ионов металлов. Исследования показали, что все исследуемые металлы образуют устойчивые комплексы с катионитом ФИБАН X-2 в области рН от 4 до 6,0.

Результаты исследования зависимости сорбции ионов марганца ФИБАН X-2в и X-2п в зависимости от рН равновесного раствора приведены на рис. 3. Анализ рис.3 показал одну особенность: эффективность сорбции марганца у ФИБАН X-2п значительно выше по сравнению с ФИБАН X-2в. При рН 3,0 катионит сорбирует столько марганца, сколько ФИБАН X-2в сорбирует при рН 4,0, а при рН 6,0 почти в два раза больше катионита, полученного на первой стадии из водного раствора.

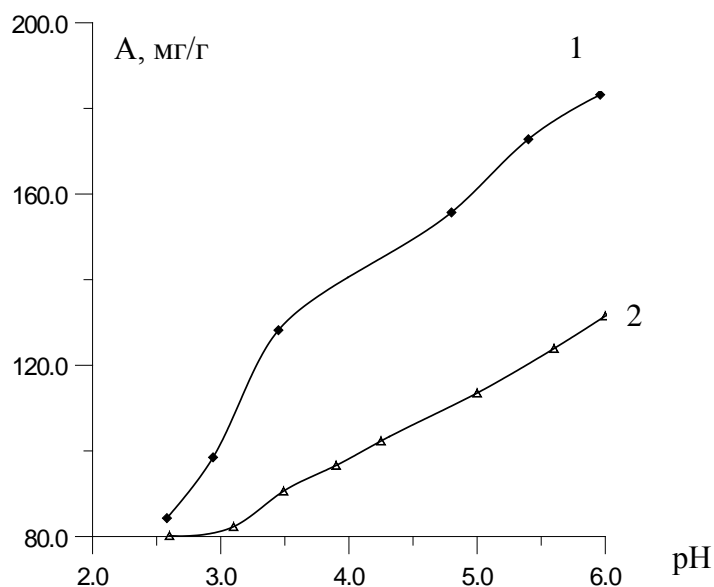


Рис.3 - Исследование зависимости сорбции катионов марганца (А мг/г) от рН равновесного раствора на ФИБАН X-2п (1) и ФИБАН X-2в (2).

Таким образом, структура хелатного сорбента ФИБАН X-2п, содержащего имидазолиновое кольцо (структура III), способствует более высокой сорбционной эффективности ионита по отношению к ионам марганца.

Сорбцию  $Mn^{2+}$  на аппаратной пряже катионита ФИБАН X-2 проводили в зависимости от скорости потока при концентрациях марганца в воде 0,2 мг/л, что в 2 раза выше ПДК. Скорости потока задавались от 9 см/мин до 200 см/мин. Объем фильтрата для каждой скорости составлял 5 л, объем отбираемой пробы - 0,5 л. Изменение скорости подачи раствора проводили на одной и той же навеске сорбента. Концентрации  $Mn^{2+}$  анализировали атомно – адсорбционным методом на спектрометре с индуктивно связанной плазмой. Результаты испытаний представлены на рисунке 4. Катионит волокнистый ФИБАН X-2 очищает питьевую воду от ионов марганца при скорости до 20 колоночных объемов в минуту практически на 100%, с увеличением скорости потока воды до ~ 40 колоночных объемов в минуту - на 85%. При дальнейшем увеличении скорости потока до 60 колоночных объемов в минуту - на 68%.

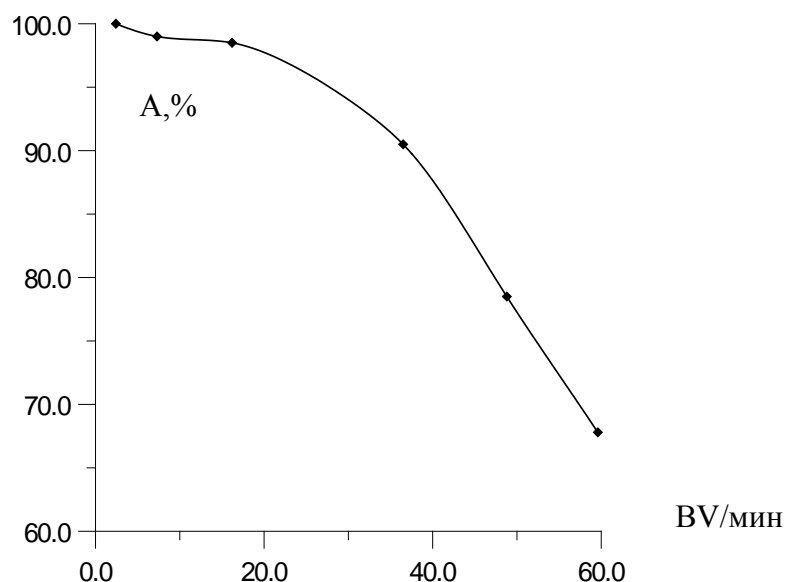


Рис.4 - Результаты испытаний аппаратной пряжи катионита ФИБАН X-2п по очистке питьевой воды от ионов марганца в зависимости от скорости потока очищаемой воды. А – степень очистки, BV/мин – скорость, колоночные объемы в минуту.

Испытания сорбции катионов тяжелых металлов меди и свинца в динамических условиях в зависимости от скорости потока проводили из водопроводной воды при концентрациях меди в воде 0,06 мг/л, свинца 0,1 мг/л. Скорости потока задавались как описано выше. Результаты испытаний представлены на рисунке 5.

При скорости потока очищаемой воды ~ 40 колоночных объемов в минуту степень очистки воды одинакова как для  $\text{Cu}^{2+}$ , так и для  $\text{Pb}^{2+}$  и составляет ~ 90%. Дальнейшее увеличение скорости потока очищаемой воды приводит к падению степени очистки, но это уменьшение проявляется по-разному к разным катионам: степень очистки воды по катионам свинца уменьшается медленнее, чем по катионам меди. Например, 67%-ная степень очистки воды для меди обеспечивается при скорости 80 колоночных объемов в минуту, а такая же степень очистки воды от свинца – при скорости 103 колоночных объема в минуту. Следует отметить, что питьевая вода, кроме сорбируемых ионов, содержит еще ионы  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  и ионы других металлов, которые конкурируют в сорбционных процессах при очистке питьевой воды.

Из полученных данных следует, что катионит ФИБАН X-2 может быть использован для концентрирования и извлечения многих ионов тяжелых металлов.

Исследована возможность десорбции и повторного использования сорбента для концентрирования. Установлено, что все сорбированные металлы можно полностью элюировать 0,5 н раствором соляной кислоты, за исключением ионов свинца, которые десорбируются 0,5 н раствором азотной кислоты.

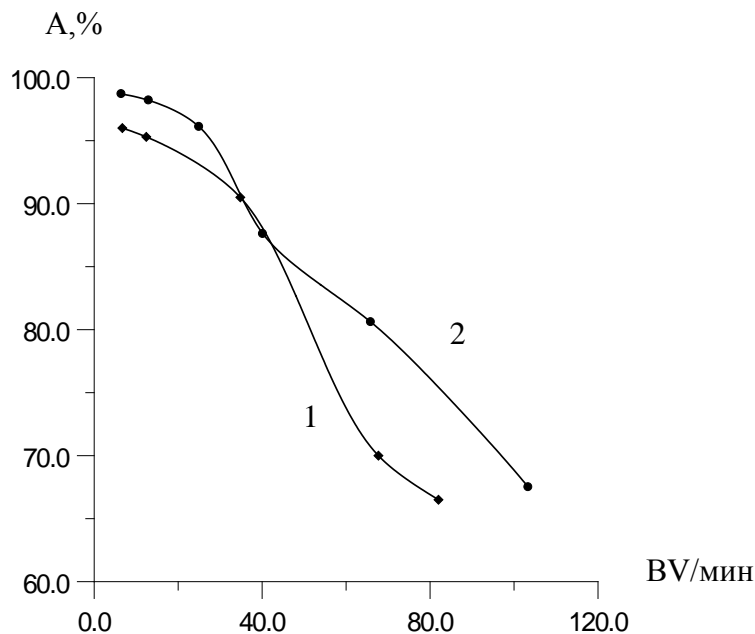


Рис.5 - Результаты испытаний аппаратной пряжи волокнистого катионита ФИБАН X-2 по очистке воды от ионов меди(1) и свинца(2).

В Институте физико-органической химии НАН введена в эксплуатацию опытная установка получения опытных партий катионита производительностью 2 тонны в год. Оработаны режимы получения опытных партий волокна ФИБАН X-2 и разработана технология получения волокнистого катионита. Катионит ФИБАН X-2 выпускается в виде волокна, нетканого полотна и аппаратной пряжи.

Проведена гигиеническая регистрация всех текстильных форм катионита.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Абовский Н.Д., Блохин А.А., Мурашкин Ю.В. Кинетика сорбции платины (II) и платины (IV) на комплексообразующем ионите с тиомочевинными функциональными группами и на сильноосновном анионите из солянокислых растворов // ЖПХ. 2007. Т.80. № 7. С. 1094-1098.
2. Xijun Chang, Xiulan Yang, Xinjie Wei e.a. Efficiency and mechanism of new poly(acryl-phenylamidrazone phenylhydrazide) chelating fiber for adsorbing trace Ga, In, Bi, V and Ti from solution // Anal. Chim. Acta. 2001, Vol. 450 P. 231-238.
3. Басаргин Н.Н., Розовский Ю.Г., Чернова Н.В. Синтез, исследование и применение хелатообразующих сорбентов для концентрирования и определения микроколичеств элементов в природных и сточных водах // Ж аналит. хим. 1992. Т.47. № 5. С 787-792.
4. Chiarle S., Ratto M., Rovatti M. Mercury removal from water by ion exchange resins adsorption // Wat. Res. 2000. Vol.34. № 11. P.2971-2978.
5. Yuchi Akio, Yoshida Norihito. Adsorption of tetravalent metal ions to chelating resins containing iminodiacetic acid groups// Bull. Chem. Soc. Jap. 2000. Vol.73. № 8. P.1841-1842.
6. Yahorava V., Kotze M., Auerswald D. Evaluation of different adsorbents for copper removal from cobalt electrolyte// Materials of 7-th Southern African Base Metals Conference. Mpumalanga, South Africa, 2013. P.283-297.
7. Грачек В.И., Лысенко Г.Н., Акулич З.И. и др. Исследование строения хелатных волокнистых ионитов методом ИК спектроскопии // ЖОХ. 2009. Т. 79. № 3. С. 360-366.
8. Никоненко Н.А. Спектральные характеристики углеводов на основе математической обработки ИК спектров. Авторефер. дис. На соиск. степени канд. физ.-мат. наук. Минск. 2000. 21 с.

**УПРАВЛЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ СВОЙСТВАМИ  
КОМПОЗИЦИОННОГО ПЛЕНОЧНОГО МАТЕРИАЛА  
ДЛЯ ШВЕЙНЫХ ИЗДЕЛИЙ**

**THE FUNCTIONAL PROPERTIES MANAGEMENT OF  
THE COMPOSITE FILM MATERIAL FOR GARMENTS**

Л.И. Бондаренко, О.В. Метелева  
L.I. Bondarenko, O.V. Meteleva

Ивановский государственный политехнический университет  
Ivanovo state polytechnic university  
E-mail: bondarenko.ivanovo@yandex.ru, olmet07@yandex.ru

**Отработаны рецептурно-технологические параметры процесса получения композиционного пленочного материала для перо-пуховой одежды. Приняты во внимание особенности его применения в швейном производстве. Выполнена оценка влияния состава полимерных композиций на физико-механические и технологические свойства полимерных плёнок. Полученные результаты исследований позволяют констатировать наличие положительного эффекта. Использование разработанного композиционного пленочного материала обеспечивает непроницаемость ниточных соединений в одежде на перо-пуховом утеплителе.**

**Ключевые слова:** композиционный пленочный материал; акрилатные латексы; коэффициент миграции; перо-пуховой утеплитель.

**Process prescription and technological parameters of the receiving composite film material for feather-down clothes are fulfilled. The feature of its application in sewing production are taken into account. The influence assessment of polymeric compositions structure on the polymeric films physico-mechanical and technological properties is executed. The received results of researches allow to state existence of positive effect. Use of the developed composite film material provides impermeability of filar connections in clothes on a feather-down heater.**

**Keywords:** the composite film material; akrilat latex; the migration coefficient; a feather-down heater.

Одной из задач современной химии и технологии является создание композиционных материалов нового поколения. При этом все более широкое распространение в различных областях жизнедеятельности человека (медицина, строительство, защита поверхностей от механических повреждений, упаковка и маркировка изделий) находят многослойные и однослойные пленочные материалы, обладающие постоянной остаточной липкостью. По конструкции они состоят из: основы (бумага, пленка, фольга, нетканый материал), клеевого слоя, защитной антиадгезионной бумаги или пленки. Кроме того, известны безосновные клеевые ленты (переносные слои липкости) – клеевые липкие пленки, защищённые с двух сторон антиадгезионной бумагой или пленкой. Совершенствование свойств липких лент происходит в направлении расширения их функциональных возможностей.

Для применения в швейной промышленности при изготовлении изделий различного назначения из разнообразных по свойствам материалов, включая пленочные материалы и материалы с полимерными покрытиями, разработан вспомогательный пленочный самоклеющийся материал (ВСПМ), обладающий остаточной липкостью и способный образовывать прочные и надежные клеевые соединения. Он представляет собой многослойный композиционный материал, одним из слоев которого является высококонтактный клей с низкой температурой стеклования, способный образовывать клеевое соединение без длительного воздействия давления [1-3]. Материал создан для проклеивания ниточных швов защитных изделий и обеспечивает их герметичность при эксплуатации.

С применением этого материала разработаны технологии блокирования проницаемости ниточных соединений швейных изделий для жидких сред (например, водозащитные изделия) и твердых мелких фракций (например, изделия на перо-пуховом утеплителе (ППУ)). Однако для реализации этих технологий пленочный материал должен обладать разными техническими характеристиками:

- для герметизации швов водозащитной одежды обеспечивать высокие: адгезионную прочность клеевых соединений (не менее 6 Н/см), эластичность (не менее 200 %), механическую прочность (8-10 МПа), эксплуатационную надежность (стойкость к агрессивным воздействиям);
- для снижения миграции перо-пуховой смеси в утепленных изделиях: незначительную толщину (не более 0,3 мм), не влияющую на внешний вид изделия, минимальную липкость (90-100 МПа); низкий коэффициент миграции ППУ (не более 0,15-0,3).

Учитывая особенности применения ВСПМ в пуховой одежде, отрабатывались рецептурно-технологические параметры процесса получения клеевого пленочного материала, удовлетворяющего требованиям швейного производства. Основными компонентами полимерных композиций служили водные дисперсии акриловой природы, полимеры которых имели одинаковый химический состав, но отличались количественным содержанием мономерных звеньев в полимерной цепи. С целью выбора рационального состава исследуемых латексов для создания полимерных композиций, используемых в качестве клеевого и неклеявого слоёв плёночного материала, оценивалось влияние соотношения сомономеров на физико-механические и технологические свойства латексных плёнок.

При отработке рецептурно-технологических параметров получения клеевого пленочного материала для обеспечения непроницаемости ниточных соединений в одежде на ППУ были исследованы различные варианты латексных композиций, а также режимы и условия формирования полимерных слоёв. На основании выявленных особенностей влияния состава сополимера на свойства сформированных плёнок была установлена целесообразность применения в качестве основного пленкообразующего вещества для изолирующего слоя акрилатного латекса БАК-Р, представляющего собой водную дисперсию сополимера бутилакрилата, акрилонитрила и метакриловой кислоты с содержанием звеньев акрилонитрила 30-34%. Пленки из указанного латекса обеспечивают сочетание прочности и эластичности, характеризуются высокой стойкостью к окислению и атмосферным воздействиям.

При выборе полимера для клеевого слоя определяющим свойством являлась липкость, так как она характеризует адгезионную способность. Клеевой слой пленочного материала должен обладать постоянной и остаточной липкостью, которая обеспечивает готовность к использованию без теплового или химического активирования.

Формирование полимерных слоёв композиционного пленочного материала в работе осуществлялось наносным методом: заданная толщина каждого полимерного слоя обеспечивалась выбором величины зазора ракельного устройства. В ходе экспериментальных исследований выявлено, что оптимальным соотношением адгезионной способности и когезионной прочности обладают пленки из акрилатного латекса БАК-Н. Этот латекс обладает хорошими пленкообразующими свойствами, клеящей способностью, поэтому его целесообразно использовать как основу клеевого слоя. Низкое содержание в составе сополимерного латекса звеньев нитрила акриловой кислоты (от 4,5 до 5,0 %) способствует получению покрытий с высокой эластичностью и остаточной липкостью.

Как известно, при получении покрытий и композиционных материалов латексы обычно используют в смеси с другими ингредиентами. Состав смеси определяется, в основном, назначением материала, способом ее получения, а также себестоимостью готовой продукции [4-5]. Важное отличие латексной технологии состоит в том, что перерабатываемая среда (латексная композиция) обладает относительно низкой вязкостью. Использование латексов для формирования покрытий методом нанесения на подложку



практически невозможно. Необходима предварительная обработка латексов с целью перевода их в пастообразное состояние. Реологическое поведение латексов является важнейшей характеристикой, определяющей их технологичность в процессе переработки [6].

С целью выбора оптимального состава латексных композиций для формирования полимерных слоев клеевого пленочного материала оценивалось влияние целевых ингредиентов (загустителя, регулятора pH, эмульгатора, пластификатора) на реологические свойства смесей и физико-механические показатели сформированных плёнок.

Регулирование вязкости латексных систем осуществлялось подбором дозировок загустителя, а также изменением значения pH. В качестве загущающего агента, обеспечивающего требуемую вязкость и стабильность латексных смесей при переработке, использовался загуститель акриловой природы. Количество загустителя в составе латекса варьировалось от 10,0 до 25,0 мас. ч. на 100 мас. ч. сухого вещества латекса. Реологические свойства латексных смесей оценивали путём измерения вязкости с помощью ротационного вискозиметра «Reotest» (Япония) при скорости сдвига 6 об/мин. Оценивалось влияние различных дозировок акрилового загустителя на изменение вязкости как свежеприготовленных латексных композиций, так и выдержанных в течение различного времени.

Полученные данные показали, что процесс загущения во многом зависит от количества вводимого в латекс загустителя и времени вызревания смесей. В результате проведенных исследований выявлено, что загущённые латексные смеси отличаются достаточной агрегативной устойчивостью во времени, и переработка их не вызывает технологических затруднений. Установлено, что получение технологически вязких композиций ( $\eta = 10 \div 30$  Па·с) для формирования покрытий наносным методом, характеризующихся стабильностью свойств в течение длительного времени и устойчивостью к сдвиговым деформациям, может быть достигнуто введением в латекс загустителя в количествах 10-20 мас. ч. на 100 мас. ч. полимера латекса.

В ходе экспериментальных исследований оценивалась возможность повышения эластичности клеевого пленочного материала. С этой целью в состав полимерной композиции на основе сополимерного акрилатного латекса БАК-Р осуществлялось введение пластифицирующего агента (ПФ) – диоктилфталата (ДОФ). Количество пластифицирующей добавки варьировалось от 3 до 20 мас. ч. Было установлено, что введение указанного ПФ в загущенные латексные композиции не вызывает технологических трудностей. Полученные смеси характеризовались однородностью и высокой агрегативной устойчивостью во времени.

Экспериментально выявлено влияние различных факторов, в том числе режимов формирования полимерных слоев, а также их толщины на качество клеевого пленочного материала.

В работе были исследованы различные варианты предлагаемого самоклеящегося пленочного материала. Качество блокирования ниточных соединений, препятствующего проникновению элементов перо-пухового утеплителя, обеспечивалось проклеиванием модельных образцов стеганых пакетов на участке верхнего слоя чехла пухового пакета с расположением ВСПМ под материалом верха для всех вариантов пленки.

Экспериментальные исследования технологических и эксплуатационных свойств полученных вариантов пленочных материалов позволили установить закономерности изменения их свойств (жесткости, величины блокирующего эффекта, надежности блокирующего эффекта) при варьировании их толщины, химического ингредиентного и количественного состава. Установлено, что требуемый эффект блокирования проколов ниточных соединений за счет реологии липкого клеевого слоя пленочного материала достигается при применении всех испытываемых его вариантов, что подтверждают микрофотографии отверстия прокола от иглы в ткани, полученные до и после проклеивания.

При существующей технологии изготовления утепленной одежды на ППУ, не предполагающей специальных операций по предотвращению миграции перо-пуховой смеси

в ниточных соединениях, коэффициент сквозной миграции ( $K_{см}$ ) достигает в новом (не подвергнутом носке) изделии 0,4 и в процессе ухода постоянно растет, увеличиваясь после десятого цикла аквастирки в 3 раза.

Использование для проклеивания с внутренней стороны (такое расположение исключает изменение внешнего вида изделия) рационализированного состава ВСПМ всех исследуемых вариантов способствует существенному снижению  $K_{см}$  (в 6–8 раз). Этот эффект сохраняется и после воздействия десяти аквастирок –  $K_{см}$  не превышает 0,30. Для понимания механизма процесса анализ необходимо проводить по определенным параметрам: вариации ингредиентного состава, изменения толщины клеевого слоя, введения пластификатора в армирующий слой ВСПМ.

Установлено, что наибольшее влияние на эффект блокирования отверстий от прокола оказывает толщина клеевого слоя. Рациональными структурными вариантами для получения искомого самоклеящегося пленочного материала являются ВСПМ, включающие два слоя: неклеевой армирующий на основе латекса БАК-Р толщиной  $0,05 \div 0,07$  мм и клеевой на основе латекса БАК-Н толщиной  $0,10 \div 0,40$  мм.

В процессе воздействия и увеличения длительности многоциклового деформирующей нагрузки в условиях предприятия химической чистки одежды (воздействия до 10 аквастирок) и с ростом толщины клеевого слоя пленки  $K_{см}$  возрастает. При этом на начальных стадиях (первые 3-4 аквастирки) происходит быстрый рост  $K_{см}$ , затем его значения стабилизируются. Наиболее эффективный вариант ВСПМ имеет толщину 0,23-0,25 мм. Его использование при формировании ниточно-клеевого соединения обеспечивает снижение  $K_{см}$  до 0,04–0,05 (до аквастирки), незначительное повышение  $K_{см}$  в результате воздействия десяти аквастирок 0,09–0,16. Следует отметить, что обычно верхняя одежда на ППУ служит не более 3-х лет, а значит  $K_{см}$  достигнет в этом случае величины не более 0,12. Таким образом, увеличение толщины клеевого слоя нежелательно, т. к. это приводит к большей длительности процесса сушки пленки и вероятности появления внутренних напряжений.

Установлено, что введение ПФ в полимерные системы способствует снижению прочностных показателей, сопровождающемуся уменьшением прочности клеевого слоя и его поверхностной адгезионной активности. Это негативно сказывается на процессе стежкообразования из-за налипания клеевого вещества на иглу и нитки, при этом достигнутого уровня снижения коэффициента сквозной миграции не наблюдалось.

Согласно полученным данным увеличение количественного содержания нитрила акриловой кислоты в сополимере способствует нарастанию жёсткости. В случае уменьшения содержания нитрила акриловой кислоты в сополимере происходит обратный процесс, сопровождающийся повышением липкости и снижением прочностных показателей плёнок. Выбранный в результате экспериментальных исследований вариант ВСПМ на основе латексов БАК-Р и БАК-Н, имеющий наилучшие результаты эффекта блокирования ниточно-клеевого соединения, также обеспечивает рациональные условия образования ниточно-клеевого соединения, а именно не затрудняет процесс стежкообразования, исключает миграцию ППУ в процессе стачивания и обладает адгезионной способностью к материалам изделия в процессе образования клеевого соединения.

Анализ полученных данных показал, что проклеивание ниточных соединений утеплённых изделий на ППУ обеспечивает снижение миграции элементов пуховой смеси. При этом на степень проникновения ППУ через швы оказывает влияние комплекс исследованных в работе факторов, а именно: конструкция шва, структурные характеристики материала верха, количественно-ингредиентный состав ВСПМ. Так наименьшее значение  $K_{см}$  имеет пакет материалов, включающих ППУ, соединённый с материалом верха с поверхностной плотностью от 90-150 г/м<sup>2</sup> (состав polyethylene terephthalate и Nylon) стачным швом. В процессе эксплуатационного воздействия 10-ти аквастирок на сформированный с ВСПМ пакет материалов  $K_{см}$  увеличивается на 5-7 %, что, в соответствии с разработанными критериальными значениями, характеризует высокое качество изделия. Стоит отметить, что увеличение толщины клеевого слоя свыше 0,3 мм приводит к снижению качества

получаемого соединения: повышению  $K_{см}$  вследствие того, что соединяемый пакет увеличивается по толщине, жёсткости.

Таким образом, полученные результаты исследований позволяют констатировать наличие положительного эффекта при использовании разработанного композиционного пленочного материала для обеспечения непроницаемости ниточных соединений в одежде на перо-пуховом утеплителе.

Выводы:

- отработаны рецептурно-технологические параметры получения ВСПМ и способ его применения для снижения миграции ППУ через ниточные соединения утепленной одежды и установлено, что для выполнения комплекса требований полимерные слои должны состоять из композиций на основе водных дисперсий акриловых полимеров БАК-Р и БАК-Н соответственно для неклеевого и клеевого слоев;

- выявлены закономерности влияния состава полимерных композиций и толщины полученного пленочного материала на блокирующий технологический эффект, прямопропорционально увеличивающийся с увеличением количества циклов аквастирки для всех ниточных соединений и всех вариантов ВСПМ;

- установлено, что для обеспечения снижения проницаемости ниточных соединений рациональная толщина клеевого слоя ВСПМ должна составлять 0,23-0,25 мм;

- показано, что использование разработанного ВСПМ для проклеивания ниточных швов обеспечивает снижение  $K_{см}$  в 6-8 раз при сохранении достигнутого эффекта после воздействия десяти аквастирок по сравнению с современной технологией изготовления изделий на ППУ.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Метелева, О.В. Теоретическое обоснование эффективного применения химических материалов при изготовлении защитных швейных изделий / О.В. Метелева // Изв. вузов. Технология текстильной пром-сти. – 2013. – Том 346. – № 4. – С. 109–113.
2. Сурикова, М.В. Соединение защитных материалов при использовании самоклеющегося пленочного материала / М.В. Сурикова, О.В. Метелева, Е.И. Коваленко // Изв. вузов. Технология текстильной пром-сти. – 2013. – Том 347. – № 5. – С. 101–104
3. Метелева, О.В. Создание перспективных клеевых материалов для защитных швейных изделий / О.В. Метелева, Е.П. Покровская, Л.И. Бондаренко, А.Н. Белякова // Электронный журнал «Сервис в России и за рубежом». – 2013. – Вып. 1(39). – Режим доступа: [http://old.rguts.ru/electronic\\_journal/number39/contents](http://old.rguts.ru/electronic_journal/number39/contents).
4. Елисеева, В.И. Полимерные дисперсии / В.И. Елисеева. – М: Химия, 1980. – 296 с.
5. Еркова, Л.Н. Латексы / Л.Н. Еркова, О.С. Чечик. – М.: Химия, 1983. – 224 с.
6. Трофимович, Д.П. Технология переработки латексов / Д.П. Трофимович, В.А. Берестнёв. – М: ООО Издательство Научтехлитиздат, 2003. – 372 с.

**ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАДИСПЕРСНОГО ФТОРОПЛАСТА НА ПРОЦЕСС  
ФОРМОВАНИЯ И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА  
ПОЛИПРОПИЛЕНОВЫХ НИТЕЙ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ  
СТАБИЛИЗИРОВАННЫМИ ПОЛИЭТИЛЕНОМ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИМИ  
НАНОЧАСТИЦАМИ**

**INFLUENCE OF ULTRADISPERSONIC FLUOROPLAST ON THE PROCESS OF  
FORMATION AND PHYSICFL AND MECHANICAL PROPERTIES OF  
POLYPROPYLENE YARNS MODIFIED BY STABILIZED POLYETHYLENE OF IRON-  
CONTAINING NANOPARTICLES**

Н.К. Масляков<sup>1</sup>, С.Ю. Вавилова<sup>2</sup>, Н.П. Пророкова<sup>2</sup>, Ю.М. Базаров<sup>1</sup>  
N.K.Maslyakov<sup>1</sup>, S.Y. Vavilova<sup>2</sup>, N.P. Prorokova<sup>2</sup>, Yu.M. Bazarov<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ивановский государственный химико-технологический университет

<sup>2</sup>Институт химии растворов им. Г.А. Крестова РАН (г. Иваново)

<sup>1</sup>Ivanovo State University of Chemistry and Technology

<sup>2</sup>G.A. Krestov Institute of Solution Chemistry of the  
Russian Academy of Sciences (Ivanovo)

E-mail: sjv@isc-ras.ru

Изучено влияние ультрадисперсного фторопласта на процесс формования из расплава и физико-механические свойства полипропиленовых нитей, модифицированных стабилизированными полиэтиленом высокого давления железосодержащими наночастицами.

**Ключевые слова:** полипропиленовые нити, полиэтилен, ультрадисперсный фторопласт, железосодержащие наночастицы.

**The influence of ultradispersed fluoroplastic on the melt spinning process and the physical and mechanical properties of polypropylene yarns modified by stabilized high-pressure polyethylene of iron-containing nanoparticles was studied.**

**Key words:** polypropylene yarns, polyethylene, ultrafine fluoroplastic, iron-containing nanoparticles.

Применение полипропиленовых волокнистых материалов в качестве технического, медицинского и геотекстиля обусловлено хорошими физико-химическими и физико-механическими свойствами, сравнительной доступностью сырья, возможностью получения с использованием высокопроизводительного оборудования.

Настоящее исследование посвящено дополнительному улучшению основных физико-механических характеристик волокна (прочности, модуля упругости) с помощью введения в волокнообразующий полимер наноразмерных металлсодержащих частиц, в частности железосодержащих наночастиц (ЖСН). В работе были использованы ЖСН, стабилизированные полипропиленом (ПП) или полиэтиленом высокого давления (ПЭВД). Применение их в такой форме базировалось на предположении, что в этом случае на всех стадиях процессов получения волокнистых композиционных материалов и их эксплуатации сохраняется присущая указанным частицам в наноразмерном состоянии высокая активность. В качестве добавки использовался также ультрадисперсный политетрафторэтилен (УПТФЭ).

ЖСН для модифицирования полипропиленовых нитей были выбраны на основании ранее проведенных в ИХР РАН исследований [1-3], которые показали, что полипропиленовые нити, модифицированные ЖСН, стабилизированными ПЭВД, приобретают высокую способность подавлять жизнедеятельность патогенных бактерий и микрогрибов, поверхностное электрическое сопротивление модифицированных нитей ниже в  $10^5 - 10^6$ , прочность нитей также возрастает. Однако положительные свойства наблюдаются только при использовании полимерного концентрата ЖСН с низким ( $\leq 5\%$ ) содержанием

металлических наночастиц и в большой степени зависят от дисперсности порошка вводимой добавки. В связи с выявленным ранее фактом [4], что введенные в термопласты при формовании нитей ультрадисперсные порошки фторполимеров выполняют функцию процессинговых добавок и позволяют получить более прочные нити, нами было изучено влияние совместного использования стабилизированных полипропиленом или полиэтиленом высокого давления ЖСН и УПТФЭ на прочность полипропиленовых нитей.

В работе использовали железосодержащие частицы, которые получали в ИМЕТ РАН по стандартной методике получения материалов типа «класпол» («кластер-полимер») [5,6] при термическом разложении ацетата железа (III) -  $\text{Fe}(\text{CH}_3\text{COO})_3$  в растворе – расплаве ПЭВД или ПП в очищенном веретенном масле в атмосфере аргона при температуре 250°C. В работе использовали ПЭВД 10803-020 с индексом расплава 2 г / 10 мин и изотактический полипропилен марки «Бален» 01250 с индексом расплава 25 г / 10 мин. В расплав полиолефина вводили расчетное количество ацетата железа (III) при интенсивном перемешивании. После отмывки масла гексаном в аппарате Сокслета образцы высушивали в вакууме и хранили до начала исследований в эксикаторе. Были получены полимерные концентраты ЖСН на основе ПЭВД с содержанием наночастиц 5%, на основе полипропилена с содержанием ЖСН 1%. Полученные полимерные концентраты ЖСН представляли собой порошки коричневого цвета.

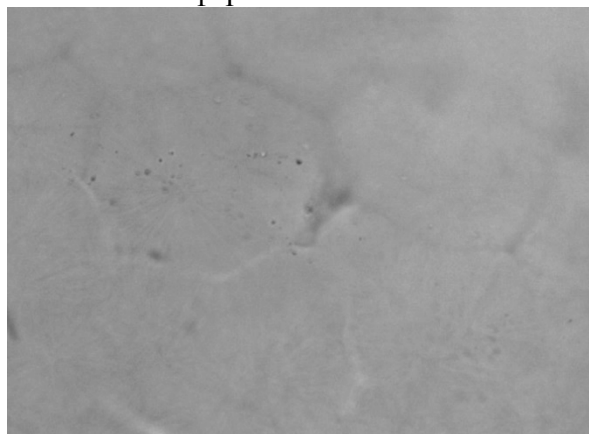
Как показали предварительные исследования, полученный материал представляет собой полимерную матрицу, содержащую изолированные частицы состава  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Размеры частиц оксида железа составляют  $2,8 \pm 0,6$  нм.

Перед формованием отбирали 200 г гранулята полипропилена, 1-5 г порошка полимерного концентрата ЖСН, 1-5 г УПТФЭ. На гранулы полипропилена наносили 2г вазелинового масла (1% масс.), и порошкообразные добавки, тщательно перемешивали, чтобы частицы порошка были равномерно распределены по гранулам полипропилена.

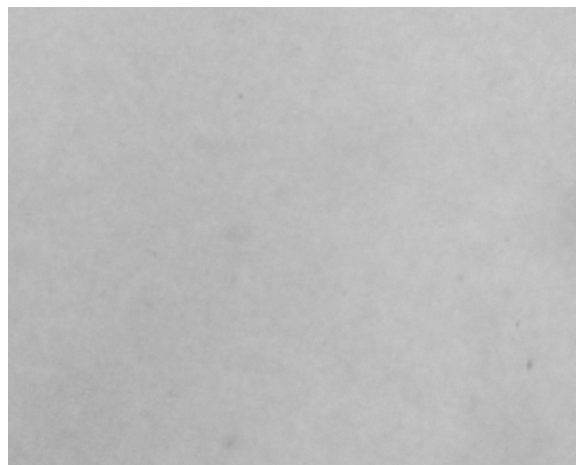
Модифицирование полипропиленовых нитей проводили на установке, имитирующей производственный процесс получения полипропиленовых нитей из расплава [7]. Она состоит из двух лабораторных стандов: для формования (СФПВ-1) и для ориентационного вытягивания (ОСВ-1) синтетических волокон. В процессе эксперимента температура формовочной головки соответствовала 220°C. Работу осуществляли при скорости подачи расплава 15 г/мин. Скорость приемного устройства составляла 100 м/мин. После формования нити подвергали ориентационному вытягиванию и термостабилизации с использованием станда ОСВ-1. Процесс осуществляли при температурах в зонах вытягивания:  $T_1 = 130^\circ\text{C}$  (верхний обогреваемый диск),  $T_2 = 135^\circ\text{C}$  (нижний обогреваемый диск),  $T_3 = 145^\circ\text{C}$  (утюг), при скоростях 20-25 м/мин и кратности ориентационного вытягивания 3,5 – 5,5 раз. Были получены модифицированные стабилизированными ЖСН комплексные текстильные нити диаметром 30-40 мкм, состоящие из 24 элементарных нитей.

Физико-механические характеристики полипропиленовых нитей могут зависеть от размера частиц ПК в нити, равномерности и области их распределения. В случае, когда применяется ПК наночастиц на основе ПЭВД, его низкие плотность и температура плавления играют положительную роль. Благодаря низкой плотности расплава частицы полимерного концентрата разбиваются на микрокапли и хорошо перемешиваются с полипропиленом за счет вращения шнека в экструдоре. При выходе струи расплава из фильеры, охлаждения её на воздухе и под воздействием значительного одноосного растяжения полипропилен начинает кристаллизоваться. Температура плавления ПЭВД (105 °C) значительно ниже температуры плавления ПП (170 °C), поэтому микрокапли полимерного концентрата ЖСН на основе полиэтилена остаются жидкими и под воздействием растягивающего усилия растекаются в межкристаллитном пространстве. Как видно из микрофотографий (рис. 1) немодифицированная нить состоит из хорошо просматриваемых ровных крупных сферолитов (рис 1а). Срез нити модифицированный ЖСН, стабилизированными ПЭВД, абсолютно ровный (рис 1б), крупных кристаллитов на фотографии не видно. Методом рентгеноструктурного анализа [8] было установлено, что в

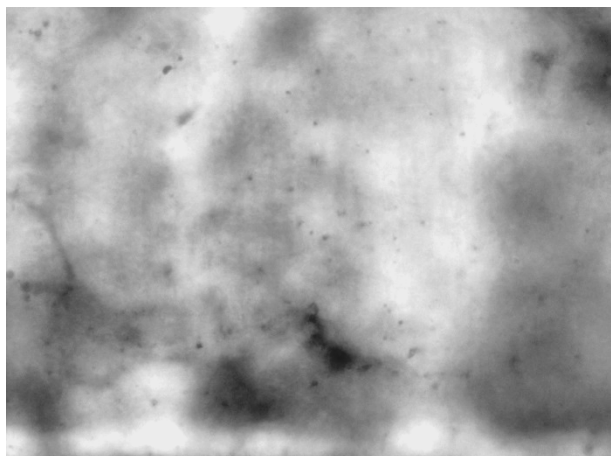
полипропиленовых нитях ПЭВД присутствует в виде отдельной фазы. ПЭВД способствует дополнительной кристаллизации полипропилена, обусловленной взаимным влиянием цепей ПП и ПЭВД в пределах аморфной фазы, обеспечивающей дополнительное формирование более мелких сферолитов.



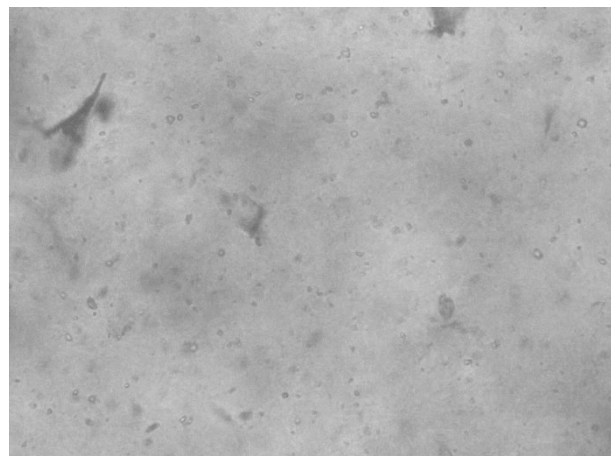
а) ПП



б) Fe 5 % + ПЭВД



в) Fe 1 % + ПП



г) Fe 1 % + ПП + УПТФЭ

Рис. 1 Микрофотографии поперечного среза единичной полипропиленовой неориентированной нити: а) немодифицированная нить; б) нить, содержащая стабилизированные ПЭВД ЖСН; в) нить, содержащая стабилизированные полипропиленом ЖСН; г) нить, содержащая стабилизированные полипропиленом ЖСН и УПТФЭ.

Увеличение 400 раз.

На микрофотографии среза нити с ЖСН, стабилизированными ПП, видно, что полимерный концентрат наночастиц представляет довольно крупные включения, расположенные по границам сферолитов (рис. 1в). Частицы УПТФЭ равномерно распределены по всему объему нити, а полимерный концентрат ЖСН также представляет собой крупные включения (рис 1г).

Так как прочность нитей может зависеть как от содержания полимерного концентрата в нитях, так и от концентрации в них ЖСН, нами было проанализировано влияние обоих факторов на физико-механические характеристик ПП нитей. Результаты приведены в табл. 1-3. Установлено, что использование очень малого количества (0,02%) полимерного концентрата на основе ПП (табл.1) и содержание ЖСН 0,0002 % приводит к увеличению прочности нити на 8%. Введение в полипропиленовую нить данного полимерного концентрата в больших количествах, вызывает образование геликов и уменьшение прочности нити. Гелики в данном случае сравнительно крупные (1-2 мкм) непроплавленные

частицы ПК, отличающиеся от полипропилена большей плотностью и кристалличностью. Такие частицы сохраняют высокую упорядоченность и в расплаве.

Таблица 1

Влияние состава ПК ЖСН и его концентрации на физико-механические характеристики комплексной полипропиленовой нити

модификатор	Содержание модификатора в нити, %	Содержание ЖНС в нити, %	Удельная разрывная нагрузка, сН/текс	Удельное разрывное удлинение, %
			58,8±1,07	40,8±2,13
ПП+Fe(1%)	0,02%	0,0002%	63,9±1,69	35,4±1,17
ПП+Fe(1%)	0,05%	0,0005%	63,3±3,59	41,7±1,83
ПП+Fe(1%)	0,25%	0,0025%	53,5±2,02	45,2±5,27
ПЭВД+Fe(5%)	0,1%	0,005%	52,8±1,21	39,2±3,14
ПЭВД+Fe(5%)	0,25%	0,0125%	56,1±1,93	51,4±2,57
ПЭВД+Fe(5%)	1,25%	0,0625%	55,3±2,16	44±3,81

Таблица 2

Влияние УПТФЭ на физико-механические характеристики комплексной полипропиленовой нити

Содержание УПТФЭ в нити, %	Удельная разрывная нагрузка, сН/текс	Удельное разрывное удлинение, %
	58,8±1,07	40,8±2,13
0,1	59±2,01	45,3±0,84
0,25	52,4±2,95	43,6±2,06
0,5%	68±2,63	49,4±5,05
1%	56,7±2,93	41,7±2,27
2,5%	58,8±1,27	46,1±2,54
5%	46,6±2,66	43,4±3

Использование полимерного концентрата на основе ПЭВД с 5 % содержанием ЖСН не привело к ожидаемому увеличению прочности нити (табл. 1).

Для определения необходимого количества УПТФЭ нами были получены полипропиленовые нити с различным содержанием этой добавки. Установлено, что наибольшее увеличение прочности наблюдается при концентрации УПТФЭ в нити 0,5 % (табл. 2). Именно такое количество УПТФЭ мы использовали совместно с полимерными концентратами ЖСН. Для модифицирования полипропиленовых нитей.

Таблица 3

Влияние УПТФЭ на физико-механические характеристики комплексной полипропиленовой нити, модифицированной стабилизированными ЖСН

модификатор	Содержание модификатора в нити, %	Содержание УПТФЭ в нити, %	Содержание ЖНС в нити, %	Удельная разрывная нагрузка, сН/текс	Удельное разрывное удлинение, %
				58,8±1,07	40,8±2,13
ПЭНП+Fe(5%)	0,1%	0,5	0,005%	52,8±3,44	33,6±2,29
ПЭНП+Fe(5%)	0,5%	0,5	0,025%	60±0,75	39,5±1,68
ПЭНП+Fe(5%)	1,25%	0,5	0,0625%	60±1,64	43,2±3,27
ПП+Fe(1%)	0,5%	0,5	0,025%	50,9±3,73	33,3±1,58
ПП+Fe(1%)	1,25%	0,5	0,0125%	62,2±3,55	40,6±3,52
ПП+Fe(1%)	0,1%	0,5	0,001%	48,8±1,4	44±3,08

При использовании двух модификаторов возрастание прочности наблюдалось при введении 1,25% ПК, вне зависимости от природы полимера и содержания ЖСН.

Исследования показали, что полимер, используемый для стабилизации железосодержащих наночастиц при их получении, оказывает большое влияние на структуру и свойства полипропиленовой нити. Кроме природы полимера большое влияние оказывает концентрация наночастиц в полимерном концентрате, так как с её увеличением возрастает плотность ПК и он хуже распределяется в объеме полипропиленовой нити. Установлено, что в качестве модификатора для увеличения прочности полипропиленовых нитей целесообразно использовать ПК на основе ПЭВД с содержанием ЖСН не более 5 %.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Пророкова Н.П. Вавилова С.Ю., Бирюкова М.И., Юрков Г.Ю., Бузник В.М. Полипропиленовые нити, модифицированные стабилизированными в полиэтилене железосодержащими наночастицами. Химические волокна. 2015. № 5. С. 53 – 58.
2. Пророкова Н.П. Вавилова С.Ю., Кузнецов О.Ю., Бузник В.М. Антимикробные свойства полипропиленовых нитей, модифицированных стабилизированными полиэтиленом металлосодержащими наночастицами. **Российские нанотехнологии, 2015, т. 10, № 9-10, с. 50-57.**



**3. Органические и гибридные наноматериалы: получение и перспективы применения: монография / под ред. В.Ф. Разумова и М.В. Ключева. – Иваново: Ивановский гос. ун-т, 2015. – 676 с.**

4. Пророкова Н.П., Вавилова С.Ю., Бузник В.М., Завадский А.Е. Модифицирование полипропиленовых волокнистых материалов ультрадисперсным политетрафторэтиленом. ВМС, Серия А. 2013. Т. 55, №11. - С. 1333-1342.

5. Кособудский И.Д., Губин С.П. Новый тип металлополимеров – металлические кластеры в полимерных кластерах // Высокомолекулярные соединения. 1985. Т. 27. № 3. С. 689 – 695.

6. Юрков Г.Ю. Наночастицы оксида железа (III) в матрице полиэтилена / Г.Ю.Юрков, С.П. Губин, Д.А. Панкратов, Ю.А. Кокшаров, А.В. Козинкин, Ю.И. Спичкин, Т.И. Недосейкина, И.В. Пирог, В.Г. Власенко // Неорганические материалы. 2002. Т. 38. № 2. С. 180 - 195.

7. Вавилова С.Ю., Пророкова Н.Н., Пикалов А.П. Влияние условий формования и ориентационного вытягивания полипропиленовой нити на ее физико-механические свойства // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. 2011. Т. 12. № 2. С. 17–20.

8. Завадский А.Е., Вавилова С.Ю., Пророкова Н.П. Особенности кристаллизации волокон при формовании нитей из смеси полипропилена с малым количеством полиэтилена. Химические волокна, 2016, № 2, с. 12-16.

УДК 677.494.674: 546.824-31

### **МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ФОТОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТКАНИ С ПОКРЫТИЕМ, ОБЛАДАЮЩИМ ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ**

#### **METHODOLOGY OF EVALUATION OF PHOTOCHEMICAL PROPERTIES OF FABRICS WITH COATING WITH PHOTO-CATALYTIC PROPERTIES**

К.А. Ерзунов<sup>1</sup>, Т.Ю. Кумеева<sup>2</sup>, Н.П. Пророкова<sup>2</sup>  
K.A. Erzunov<sup>1</sup>, T.Yu. Kumeeva<sup>2</sup>, N.P. Prorokova<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ивановский государственный химико-технологический университет

<sup>2</sup>Институт химии растворов им. Г.А. Крестова Российской академии наук (г. Иваново)

<sup>1</sup>Ivanovo State University of Chemistry and Technology (Ivanovo)

<sup>2</sup>G.A. Krestov Institute of Solution Chemistry of Russian Academy of Science (Ivanovo)

E-mail: erzunovk@mail.ru, tyk@isc-ras.ru, npp@isc-ras.ru

Представлен способ формирования на полиэфирной ткани покрытия на основе наноразмерных частиц диоксида титана в форме анатаза, синтезированного золь-гель методом. Обоснован выбор способа предварительной активации ткани. Описана методика оценки фотохимических свойств модифицированной ткани и устойчивости покрытия к эксплуатационным воздействиям.

Ключевые слова: наноразмерный диоксид титана; полиэфирная ткань; фотохимические свойства; предварительная активация.

The method of coating formation on polyester fabric based on nanosized titanium dioxide particles in the form of anatase, synthesized by the sol-gel method, was submitted. Selecting a method of the preliminary activation of fabrics was substantiated. A methodology for estimating the photochemical properties of the modified fabrics and the resistance of the coating to operational influences was described.

Keywords: nano-sized titanium dioxide; polyester fabric; photochemical properties; preliminary activation of fabrics.

В настоящее время весьма популярными являются материалы со способностью к самоочищению. В частности, сформировалась потребность в самоочищающихся текстильных материалах, в первую очередь, полиэфирных. Придания полиэфирным тканям способности к самоочищению можно достичь за счет формирования на их поверхности

устойчивого покрытия с фотокаталитическими свойствами. Одним из наиболее перспективных путей решения этой задачи является нанесение на ткань наноразмерного кристаллического диоксида титана в форме анатаза, обладающего высокой фотокаталитической активностью. На первом этапе процесса под воздействием УФ-облучения в зоне проводимости появляется электрон, оставляющий дырку в валентной зоне. На втором этапе электрон и дырка реагируют с адсорбированными веществами-загрязнителями с образованием нестабильных радикалов, которые, в свою очередь, разлагаются с образованием углекислого газа и воды.

Настоящая работа посвящена разработке способа модифицирования полиэфирной (ПЭФ) ткани наноразмерным диоксидом титана (далее –  $\text{TiO}_2$ ), синтезированным золь-гель методом.

Известно, что диоксид титана существует в виде трех полиморфных форм: анатаза, рутила и брукита. Наибольшую активность в фотостимулированных каталитических и фотоэлектрических реакциях проявляет анатазная модификация, что объясняется более высоким положением уровня Ферми у анатаза (3,3 – 3,4 эВ) по сравнению с рутилом (3,1 – 3,2 эВ) [1]. В связи с этим для модифицирования ПЭФ ткани был выбран наноразмерный  $\text{TiO}_2$  в форме анатаза, полученный в виде геля гидролизом тетраизопропилата титана в водной среде в присутствии 0,1 М азотной кислоты [2,3]. Нанесение на ПЭФ ткань суспензии, содержащей  $\text{TiO}_2$ , производили методом окунания с последующей сушкой при температуре 40<sup>0</sup>С. Концентрацию суспензии регулировали таким образом, чтобы на ткани содержалось 8 и 16 г/м<sup>2</sup>  $\text{TiO}_2$ .

Суспензию  $\text{TiO}_2$  наносили на ткань, подвергнутую предварительной активации. На основании предварительных экспериментов для активации ПЭФ ткани перед модификацией  $\text{TiO}_2$  были выбраны обработка раствором гидроксида натрия (химическая активация) [4] и обработка поверхностно-барьерным разрядом (плазменная активация) [5]. Для химической активации ПЭФ ткани её обрабатывали раствором гидроксида натрия (NaOH) концентрации 0,095, 0,188 и 0,375 моль/л при температуре 100 °С в течение 20 мин. Активацию плазмой поверхностно-барьерного разряда (ПБР) осуществляли с помощью установки, конструкция которой описана в работе [5], в течение 5, 15 и 90 сек. при выходном напряжении 3,5 кВ и частоте 22 кГц.

О фотохимической активности модифицированной ткани судили по степени обесцвечивания нанесенной на её поверхность капли раствора красителя эозина (тетрабромфлуоросцеина) при воздействии ультрафиолетового (УФ) излучения в интервале 5 – 250 мин. Среди ряда красителей, традиционно используемых для исследования фотохимической активности катализаторов, был выбран эозин, который позволяет минимизировать ошибку эксперимента, поскольку мало адсорбируется диоксидом титана [6] и совсем не адсорбируется ПЭФ тканью. Источник УФ-излучения - лампа типа VL-6 LC (фирма “Vilber Lourmat”) мощностью 6 Вт с максимумом излучения при 365 нм.

Эффективность фотокаталитического действия модифицированной ткани оценивали колориметрическим методом - по уменьшению интенсивности окраски капли индикатора, нанесенного на ткань, которую определяли после воздействия на образец дозированного УФ-излучения. Интенсивность окраски капли, нанесенной на образец, количественно оценивали по её цветовым различиям, которые измеряли с использованием цветоизмерительного комплекса, оснащенного программой «Колорист» (версия 4.2.1994, 99 г., авторы Побединский В.С., Телегин Ф.Ю., Данилин И.А.). В качестве примера на рис. 1 приведены графические зависимости цветовых различий ПЭФ ткани с нанесенной на поверхность капель эозина, от продолжительности УФ-облучения.

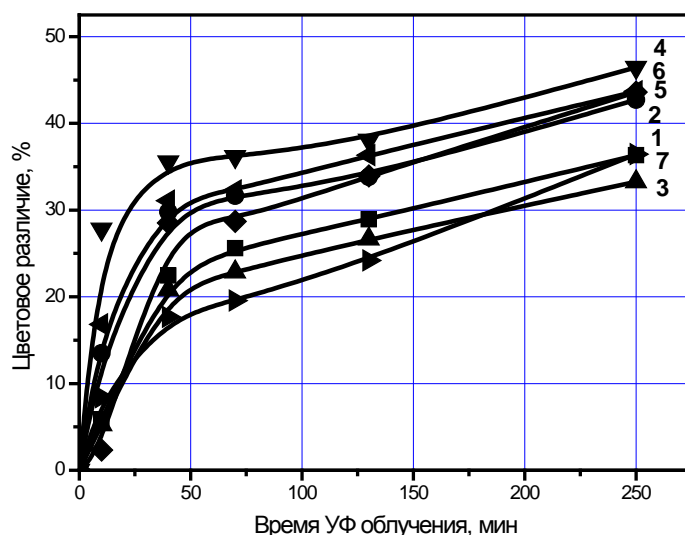
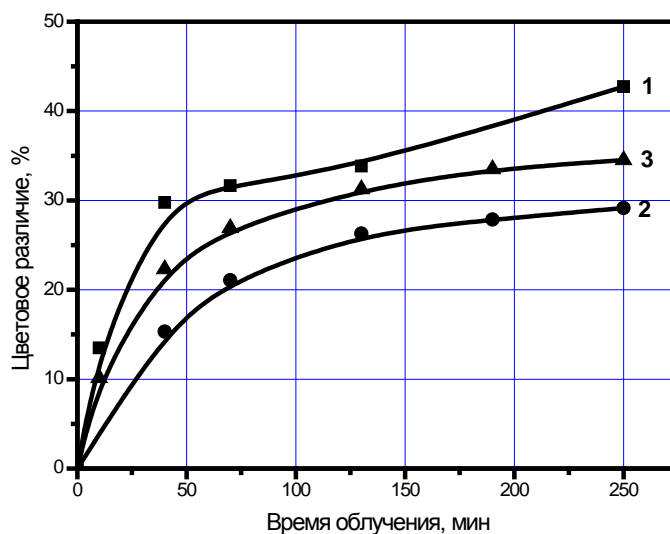


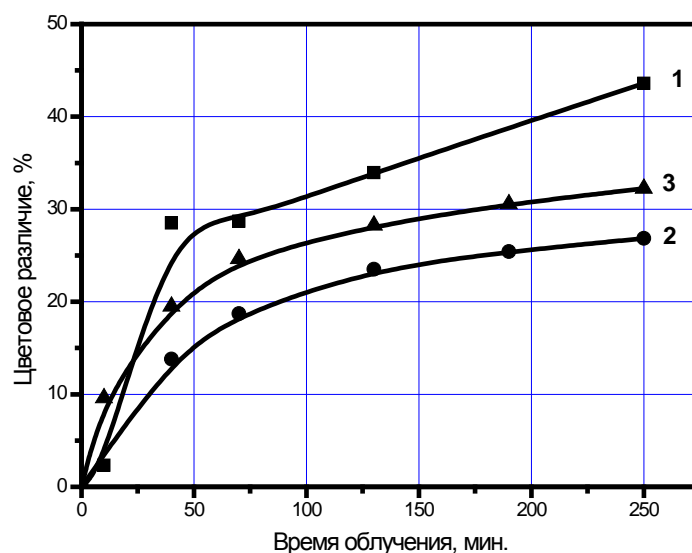
Рис. 1. Цветовые различия по эозину для ПЭФ ткани, модифицированной  $16 \text{ г/м}^2 \text{ TiO}_2$ : 1 – неактивированная ткань; 2 – активированная раствором NaOH концентрации 3,75 г/л; 3 – активированная раствором NaOH концентрации 7,5 г/л; 4 – активированная раствором NaOH концентрации 15 г/л; 5 – активированная плазмой ПБР 5 сек.; 6 – активированная плазмой ПБР 15 сек.; 7 – активированная плазмой ПБР 90 сек.

Устойчивость эффекта фотохимической активации ПЭФ ткани к трению и стирке оценивали по изменению фотохимической активности модифицированной ПЭФ ткани, подвергнутой 10-кратному истирающему воздействию на приборе ТП-4 [7] или стирке в автоматической стиральной машине по стандартному режиму для смесовых и синтетических тканей (с моющим средством при температуре  $40^\circ \text{C}$  и последующей сушке на воздухе) [7].

В качестве примера на рис. 2 приведены графические зависимости, отражающие влияние на цветовые различия ПЭФ ткани с нанесенной на поверхность капель эозина, эксплуатационных воздействий.



а



б

Рис. 2. Влияние на цветовые различия по эозину эксплуатационных обработок ПЭФ ткани, модифицированной  $16 \text{ г/м}^2 \text{ TiO}_2$  после активирования: а - раствором NaOH 3,75 г/л; б - плазмой ПБР в течение 5 с. 1 – модифицированная ПЭФ ткань; 2 - модифицированная ПЭФ ткань, подвергнутая стирке; 3 - модифицированная ПЭФ ткань, подвергнутая сухому трению.

Оценка возможности придания ПЭФ ткани способности к фотохимическому разложению органических загрязнений за счет её модифицирования малым количеством наночастиц  $\text{TiO}_2$ , проведенная с использованием разработанной методики, показала, что при нанесении на поверхность волокнистого материала оксида в количестве не менее  $8 \text{ г/м}^2$  ткань приобретает способность к фотохимической деструкции адсорбированных на ней органических веществ. Предварительная активация ПЭФ ткани химическим способом или плазмой поверхностно барьерного разряда, приводящая к образованию на её поверхности дополнительных активных кислородсодержащих групп и повышению шероховатости волокон, обеспечивает формирование на поверхности волокна тонкого, упорядоченного покрытия из наночастиц  $\text{TiO}_2$  без отложения избытка в межволоконных пространствах. Это способствует значительному дополнительному повышению фотохимической активности модифицированной ткани.

Придание фотокаталитических свойств ПЭФ ткани за счет модифицирования наночастицами  $\text{TiO}_2$  характеризуются приемлемой устойчивостью к эксплуатационным воздействиям, что косвенно свидетельствует о хорошей адгезии нанесенного модификатора к полиэфирной подложке.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Hurum D.C., Agrios A.G., Crist S.E., Gray K.A., Rajh T., Thurnauer M.C. Probing reaction mechanisms in mixed phase  $\text{TiO}_2$  by EPR // J. Electron Spectrosc. 2006. V. 150. - P. 155-163.
2. Агафонов А.В., Виноградов А.В. // Каталитически активные материалы на основе диоксида титана. Пути повышения фотокаталитической активности // Химия высоких энергий. 2008. Т. 42. № 7. С.79–81.
3. Agafonov A.V., Vinogradov A.V. Sol-gel synthesis, preparation and characterization of photoactive  $\text{TiO}_2$  with ultrasound treatment. // J. Sol-Gel Science and Technology. 2009. V. 49. P. 180–185.

4. Пророкова Н.П., Хорев А.В., Вавилова С.Ю. Химический способ поверхностной активации волокнистых материалов на основе полиэтилентерефталата. Часть 1. Исследование действия растворов гидроксида натрия и препаратов на основе четвертичных аммониевых солей // Хим. волокна, 2009. №3. – С. 11-16.
5. Пророкова Н.П., Кумеева Т.Ю., Кузьмин С.М., Холодков И.В. Модифицирование поверхностно-барьерным разрядом полиэфирных волокнистых материалов в целях улучшения их гидрофильности // Журнал прикладной химии. 2016. Т. 89, вып.1. – С. 119-127.
6. Халявка Т.А., Шимановская В.В., Стрелко В.В., Капинус Е.И. Фотокаталитическая активность диоксида титана в процессах деструкции метиленового губчатого и тетрахлорфлуоресцеина в водных растворах // Теорет. и эксперим. химия. 2001. Т. 37. № 1. С. 53 – 57.
7. Красители для текстильной промышленности // под ред. А.Л. Бяльского, В.В. Карпова. М.: Химия, 1971. 312 с.

УДК 677.071./8

## **ИННОВАЦИИ В ПОЛУЧЕНИИ АРМИРУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ ЛЬНЯНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ БИОПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ**

### **INNOVATION IN OBTAINING OF REINFORCING MATERIALS FROM FLAX RAW TO BIOPOLYMER COMPOSITES**

С.А. Кокшаров  
S.A. Koksharov

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

**В докладе рассматриваются перспективы развития рынка полимерных композитных материалов с вложением льноволокнистого армирующего компонента. Показаны возможности создания технологического прорыва в сфере отечественного льноперерабатывающего производства для обеспечения индустрии композитов широким ассортиментом армирующих продуктов на основе биомодифицированного и элементаризованного льноволокна и льняной нанокристаллической целлюлозы с высокой однородностью структурных и физико-механических свойств.**

**Ключевые слова:** биополимерные композиты, льняной армирующий наполнитель, биомодифицированное льноволокно, элементаризованное волокно, льняная наноцеллюлоза, упруго-деформационные свойства

**The prospects of development market of the polymer composite materials containing the flax fibrous reinforcing component are discussed in this report. The possibility of a technological breakthrough in the domestic flax processing industry to ensure the composites production a wide range of reinforcing products containing biomodified and elementarised flax fiber and the flax nanocrystalline cellulose having a high uniformity of the structural and physical-mechanical properties having been shown**

**Keywords:** biopolymer composites, flax reinforcing filler, biomodified flax fiber, elementarised fiber, flax nanocellulose, elastic-deformation properties

Фонд содействия инновациям в конце 2016 г. ввел новый вид программы конкурсной поддержки инновационных проектов - «РАЗВИТИЕ-НТИ», которая ориентирована на реализацию планов мероприятий ("дорожных карт") Национальной технологической инициативы (НТИ) в соответствии с постановлением Правительства РФ № 317 от 18 апреля 2016 г. НТИ разрабатывается Агентством стратегических инициатив по заданию правительства и предполагает создание стратегий развития принципиально новых рынков, встраивания в глобальные мировые рынки AeroNet, AutoNet, EnergyNet, FinNet, FoodNet, HealthNet, MariNet, NeuroNet, SafeNet и др., а

также определение ключевых технологий, за счет которых будут созданы продукты и сервисы на новых рынках, способных породить технологический прорыв для обеспечения национальной безопасности страны, повышения качества жизни людей и развития отраслей нового технологического уклада.

Обязательными условиями поддержки проектов по программе является соответствие целям, направлениям, показателям и значимым контрольным результатам "дорожных карт", ориентированность на преодоление существующих технологических барьеров для реализации дорожных карт и/или развитие приоритетных технологических направлений НТИ. Сформированная редакция перечня приоритетных групп технологий НТИ [1] предусматривает, в частности, развитие имеющих конкурентные преимущества технологических заделов в создании прогрессивных материалов, отвечающих современным требованиям экологической безопасности и обладающих уникальными функциональными свойствами, в т.ч. на основе нанотехнологий. Соответствующие пункты вошли, в частности, в разделы «Новые производственные технологии» по направлениям «Энерджинет» НТИ и «Маринет» НТИ в следующей редакции:

- композиционные материалы с низкими массовыми и высокими прочностными характеристиками для ветроэнергетики и способы изготовления аэродинамических поверхностей из них;
- новые нанокompозитные материалы применимые при освоении ресурсов мирового океана.

В развитии данных отраслевых сегментов одну из ключевых ролей будет играть неуклонное расширение использования полимерных композиционных материалов (ПКМ). Состояние мирового рынка ПКМ отражено на рис. 1 данными Минпромторга РФ [2] По прогнозу к 2020 г. объем рынка должен возрасти до 22,5 млн. т, что в 1,3 раза превысит уровень 2015 г.

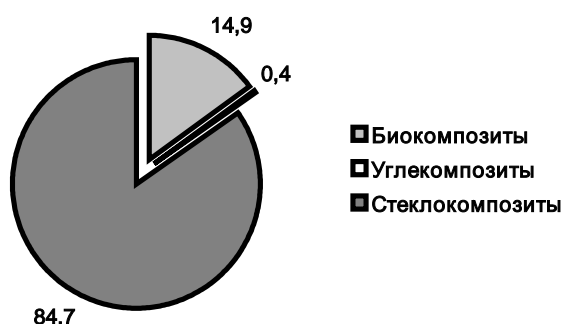


Рис. 1. Структура мирового рынка композитов по виду материалов (2015 г.)

В числе преимуществ композитных материалов следует отметить пониженную массу и сокращение материалоемкости деталей, коррозионную стойкость, радиопрозрачность и магнитную инертность, антифрикционные и демпфирующие свойства, возможность изготовления сложных форм и замены нескольких деталей одной (уменьшение узлов соединения, обеспечение герметичности), простоту ремонта, исключение операции покраски и др. Расширение применения стекло- и углепластиков обусловлено их способностью сравниться по совокупности физико-механических характеристик со сталью или, например, с алюминием. Прочность при растяжении вдоль волокон однонаправленного слоя композитов может достигать от 1,0 до 2,5 ГПа в зависимости от уровня прочности волокон, типа и содержания связующего.

Флагманы отечественного судостроения, такие как ФГУП «Крыловский государственный научный центр», ЦНИИ КМ «Прометей», большое внимание уделяют использованию ПКМ в создании перспективных видов триботехнических и вибродемпфирующих материалов. Применение композитных антифрикционных материалов (углепластики марок УГЭТ или ФУТ) в узлах трения вместо бронзы или баббита позволили

осуществить переход с масляной смазки на водную, что является практическим шагом в удовлетворении возрастающих экологических требований к среде обитания. Шумопоглощающие материалы на основе ПКМ «Випоком» получают широкое применение как внутри судовых помещений, так и для наружных конструкций. Примером успешного решения задач снижения уровня шума и вибрации в машинном отделении судов является применение изготавливаемых Крыловским центром композиционных соединительных муфт большой мощности (крутящий момент до 230 кН/м), позволяющих компенсировать расцентровки соединяемых валов до 10 мм.

Вместе с тем угле- и стеклопластики не лишены технологических недостатков. Наряду с отсутствием отечественной сырьевой базы для получения углеродного волокна и известной трудностью его переработки, связанной с крайне высокой жесткостью и хрупкостью волокон, для композитов на его основе отмечаются отсутствие шумо- и вибропоглощающей способности, невозможность повторной переработки и связанные с этим экологические проблемы утилизации. Стеклопластики в результате поглощения морской воды в течение 1-2 месяцев снижают механическую прочность на 10-15%. Это обусловлено наличием в структуре стекловолокна пор и микротрещин, не заполненных полимерным связующим в связи с отсутствием химических взаимодействий на границе раздела фаз.

Анализ основных тенденций развития технологии производства перспективных видов ПКМ убедительно свидетельствует, что в число важнейших мировых рыночных трендов входит создание биокompозитов на основе натуральных волокон, таких как лен, пенька, джут, сизаль, кокос и др. По данным отраслевой группы European Bioplastics, рынок биокompозитов в среднесрочной перспективе будет расти более чем на 350%. Согласно данным IfBB (Институт биопластика и биокompозитов университета Ганновера) и Nova-Institut [3], мировые производственные мощности биокompозитов возрастут в период с 2010 г. по 2019 г. с 1,8 до 7,8 млн. т в год.

Как известно, натуральные волокна характеризуются меньшим удельным весом, большей удельной прочностью, чем стекловолокно, что особенно важно в изделиях, спроектированных под условия высокого сопротивления изгибу, а также коррозионной устойчивостью, хорошими тепло- и звукоизоляционными свойствами. Их производство не требует больших капиталовложений и трудозатрат. К важным природным качествам льняного волокна, позитивно отличающим его от стекло- и углеволокнистых материалов, причисляют отсутствие извитости и малую деформируемость при удлинении (не более 2 %). Это обеспечивает снижение деформационных напряжений на межфазной границе с полимерным связующим и вероятности образования усталостных дефектов при многократных нагрузках. Кроме того, развитая внутренняя поверхность волокна и обилие реакционных группировок благоприятны для химических взаимодействий и прочных адгезионных контактов с полимерным связующим.

В табл. 1 приведены данные западноевропейской компании NATEX, которая достигла немалых успехов в разработке и изготовлении ПКМ с вложением натуральных волокон как по препреговой, так и по инфузионной технологиям [4]. Сочетание технических и экономических достоинств биополимерных композитов обуславливает актуальность концентрации усилий на опережающем развитии приоритетного направления создания перспективных льносодержащих ПКМ.

Таблица 1

Свойства ПКМ на основе армирующих волокон (45°С)

Показатель		Стекло	Лен
предел прочности, МПа/(г·см <sup>3</sup> )	при изгибе	40	44,6
	при растяжении	29,2	25,4

модуль упругости, ГПа/(г·куб.см)		1,9	2
стоимость	долл. США/кг	1,87	0,40
	долл. США/м <sup>3</sup>	4850	600

Льноволокнистый компонент может применяться как в виде неориентированного армирующего наполнителя (фибра, холсты или ленты, пропитанные полимерным связующим), так и в качестве структурообразующих текстильных систем, ориентированных в одном или нескольких направлениях. Необходимо отметить возрастание требований к качеству текстильных основ применительно к двум трендовым направлениям совершенствования структурной организации ПКМ. Первый вектор направлен на получение супертонких высокопрочных материалов, в частности для производства корпусов электронных гаджетов и средств цифровой навигации. Второй ориентирован на создание объемных, слоисто-каркасных структур в т.ч. на базе многослойных полотен, получаемых с применением методов 3d-ткачества.

Однако современный уровень развития техники и технологии отечественного льноперерабатывающего производства объективно сдерживает реализацию обоих вышеуказанных направлений. Особое значение имеют тонина волокнистого материала и ее однородность, что не удастся обеспечить существующими методами первичной обработки льнотресты и выделения чесаного, короткого волокна или очеса в виде раздробленных комплексов с большими различиями толщины и длины. Это обуславливает широкие диапазоны нормативного варьирования показателя линейной плотности льноволокнистого сырья. Действующие стандарты допускают присутствие в волокнистой массе значительного количества дефектов. В соответствии с ОСТ Р 17-05-012-94 в зависимости от номера чесаного льняного волокна общее содержание пороков (костра, недоработки) и инкрустов может составлять от 2,3 до 10,5 %. В коротком льняном волокне согласно ГОСТ 9394-76 нормированная массовая доля костры и сорных примесей может составлять до 24 %.

Если наличие некоторого количества пороков может быть допустимо для бытовой сферы применения льноволокнистых материалов, то в случае их использования для формирования ПКМ это становится критичным. Наличие одного демонстрируемого на рис. 2 структурного дефекта в виде неразработанного фрагмента лубяных пучков в результате неравномерной пропитки полимерным связующим может стать причиной брака сложной детали, а при несвоевременном выявлении - угрозой для безопасного ее применения.

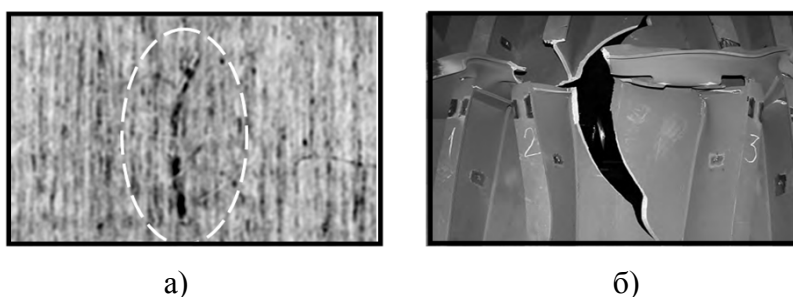


Рис. 2. Порок (недоработка) в настиле чесаного льняного волокна (а) и разрушение ПКМ (б)

Комплекс инновационных технических и технологических решений, объединенных основополагающей целью повышения структурной однородности материалов из льна, используемых для армирования полимерных композитов, базируется на возможностях повышения ровноты продукта путем последовательного углубления морфологического уровня воздействия на систему (рис. 3). В первом случае эффект достигается посредством разрушения крупных примесных образований, обеспечивается выравнивание толщины прослоек связующих веществ в льняных комплексах и равномерности их дробления в



процессах формирования пряжи. Во втором – путем разрушения льняных комплексов до элементарных волокон, в третьем – за счет выделения кристаллитных областей микрофибрилл целлюлозы.

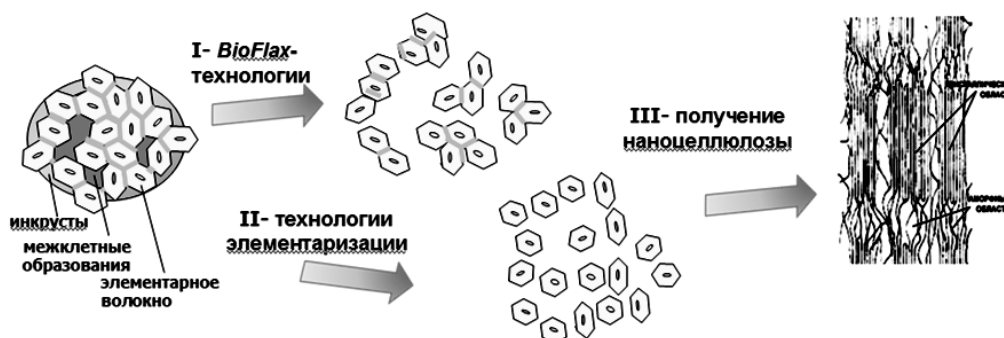


Рис. 3. Методы повышения структурной однородности продукции из льноволокнистого сырья

Совокупность вариантов обеспечит получение трех разновидностей материалов, которые позволят охватить весь спектр востребованных форм текстильной основы для ПКМ:

- 1) биомодифицированное комплексное волокно (**БКВ**);
- 2) механически элементаризованное волокно (**МЭВ**);
- 3) льняная нанокристаллическая целлюлоза (**ЛНКЦ**).

При получении БКВ волокнистая система освобождается от массивных отложений нецеллюлозных примесей на поверхности льняных комплексов и во внутренних крупных межклеточных образованиях, порождающих «шишковатость» текстильной продукции. При этом сохраняются тонкие соединительные пластинки между элементарными волокнами, определяющие упруго-деформационные свойства продукта. Мировым трендом является применение в этих процессах приемов селективного ферментативного расщепления полимерных примесей льняного волокна. В проекте реализуются прорывные направления использования биокатализа на базе новых знаний: о закономерностях синергизма действия комплекса ферментов в волокнистом субстрате [5, 6]; о пространственно локализованном действии ферментов в структуре волокна [7, 8]; о применении продуктов расщепления полисахаридов в качестве реагентов для целевых химических реакций, в т.ч. для деструкции лигнина [9-11].

МЭВ представляет собой массу выделенных элементарных волокон льна [12] с высокой степенью очистки от всех связующих веществ лубяного пучка без повреждения уникальной структуры их клеточной стенки, характеризующейся многослойностью и специфической встречной спиральной ориентации целлюлозных макрофибрилл, высокой плотностью упаковки фибрилл, а также максимальной для всех растительных материалов длиной макромолекулярной цепочки целлюлозы (степень полимеризации до 36000).

Новизна реализуемого подхода к получению МЭВ заключается в использовании нового принципа высвобождения элементарных волокон льна из биополимерного окружения с применением циклических деформирующих воздействий, интенсивность которых определяется на основании анализа упруго-механических свойств межклеточных образований, скрепляющих структуру льняных комплексов [13]. Разрабатываемый метод лишен известных недостатков как технологии механической катонизации, сопряженной с поперечным разрывом значительной части элементарных волокон при сохранении их связанности в комплексах, так и химических способов дробления лубяных пучков, в результате которых разрушению подвергаются не только межклеточные вещества, но и внутренняя структура элементарных волокон.

Удаление из БКВ и МЭВ аморфных компонентов связующих веществ отражается в повышении их механических характеристик, что представлено на рис. 4 значениями удельного модуля упругости, приведенного к единице массы материала. Оптимизация условий выделения МЭВ может обеспечить дополнительное увеличение показателя  $E_{уд}$  до

1,5 раз с учетом сведений [14] о величине модуля упругости льняного волокна около 70 ГПа, что обеспечит выход на уровень, сопоставимый с арамидными материалами.

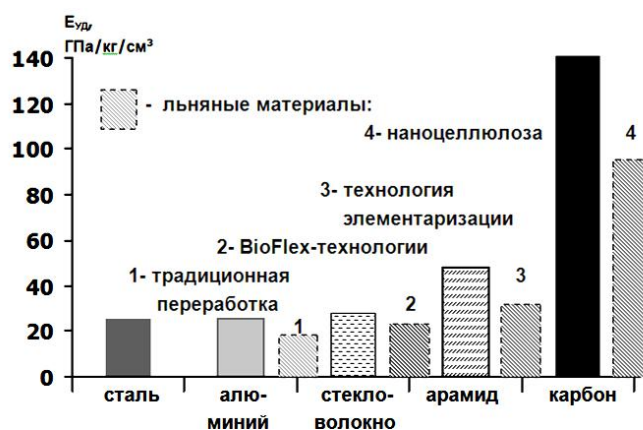


Рис. 4. Модуль упругости на единицу веса материалов

Получение биокompозитов, армированных препаратами льняной наноцеллюлозы, причисляется аналитиками к числу глобальных мировых трендов и может обеспечить получение ПКМ, сопоставимых по уровню упруго-деформационных свойств с углепластиковыми (см. рис.4). Благодаря регулярности и плотности водородных связей между макромолекулярными фрагментами полисахарида внутри фибрилл продукт обретает чрезвычайно высокий уровень механической прочности [15]. Присутствие 5 % НКЦ увеличивает выносливость материалов в десятки раз в сравнении с неармированным полимерным связующим. Перспективно использование НКЦ для заполнения пустот в структуре других армирующих материалов. Наряду с повышением механических свойств материалов добавки НКЦ позволяют изменять электрические показатели композитов, оптические свойства, регулировать влажность [16,17]. Выявлены закономерности влияния условий гидролиза фибриллярной целлюлозы и сушки НКЦ на стабильность водных суспензий, морфологию поверхности, термостойкость продукта [18, 19]. Показана возможность повышения температуры разложения композита на 70°C относительно уровня показателя для полимерного связующего [20].

Новизна технических решений, положенных в основу разрабатываемого технологического прототипа получения лНКЦ, напрямую связана с применением на входе новой формы субстрата – пуховой фракции МЭВ. Это должно способствовать решению экологических проблем, характерных для цикла предварительной переработки лигнинсодержащего растительного сырья (древесины), поскольку исключаются процессы, которые являются неблагоприятными для окружающей среды (применение сероуглерода и др. токсичных веществ, выброс вредных веществ на основе азота, хлора, формальдегида, углеводов). Химически мягкие условия освобождения нанофибриллярной целлюлозы элементарных волокон от связующих веществ должны обеспечить возможность выделения кристаллитных областей в минимально поврежденном состоянии с длиной наночастиц до 500 нм и даже 1500 нм.

Таким образом, новые технологии позволят получить широкий спектр инновационных армирующих материалов, включающих ровинг (настилы) БКВ и пряжу БКВ мокрого прядения; ленту, нетканые полотна и пряжу сухого прядения на основе МЭВ, водные дисперсии, органогели и аэрогели лНКЦ. Сведения о технических характеристиках продукции отражены в докладе. Новые разновидности льноволокнистых материалов позволяют охватить весь спектр востребованных форм текстильной основы для ПКМ.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Сквозные технологии НТИ. // Электронный ресурс. <http://nti.one/technology/> (дата обращения 28.03.2017).

2. Формирование массовой индустрии композиционных материалов для повышения конкурентоспособности гражданских секторов экономики. Минпромторг РФ. // Электронный ресурс. [http://csr-nw.ru/files/csr/file\\_content\\_1234.pdf](http://csr-nw.ru/files/csr/file_content_1234.pdf). (дата обращения 03.10.2016).
3. Рынок биопластиков ожидает дальнейший рост. // Электронный ресурс. <http://www.tnhi.ru/news/644/> (дата обращения 03.10.2016).
4. Донецкий К.И., Хрульков А.В. Применение натуральных волокон при изготовлении полимерных композиционных материалов // Электронный ресурс. <http://viam-works.ru/plugins/content/journal/uploads/articles/pdf/779.pdf>. DOI: 10.18577/2307-6046-2015-0-2-9-9.
5. Алеева С.В., Кокшаров С.А. Особенности биохимической мацерации отечественного и импортного льняного сырья: закономерности расщепления полиуронидных соединений ферментами пектолитического комплекса // Химия растительного сырья. 2010. № 4. С. 5-10.
6. Алеева С.В., Чистякова Г.В., Кокшаров С.А. Спектрофотометрический метод определения степени метоксилирования полиуронидных соединений льняного волокна // Известия вузов. Химия и химическая технология. 2009. Т. 52. № 10. С. 118-121.
7. Алеева С.В., Кокшаров С.А. Химия и технология биокатализируемого наноконструирования льняных текстильных материалов // Российский химический журнал. 2011. Т. LV. № 3. С. 46-58.
8. Koksharov S.A., Aleeva S.V, Lepilova O.V. Nanostructural biochemical modification of flax fiber in the process of its preparation for spinning // Autex Research Journal. 2015. V. 15. №3. P. 215-225.
9. Лепилова О.В., Алеева С.В., Кокшаров С.А. Новые возможности использования ферментативного катализа при подготовке и белении льняных тканей // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2009. №3. С. 51-53.
10. Лепилова О.В., Алеева С.В., Кокшаров С.А. Сопоставление редуцирующей способности растворов альдоз // Журнал органической химии. 2012. Т.48. №1. С. 88-93.
11. Лепилова О.В., Алеева С.В., Кокшаров С.А. Анализ химических превращений лигнина в щелочных растворах моносахаридов // Химия растительного сырья. 2013. №1. С. 47-52.
12. Стокозенко В.Г., Ларин И.Ю., и др. Влияние элементаризации льноволокна на его свойства и состав примесей // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2016. № 4. С. 54-58.
13. Патент РФ № 2497982. Способ обработки комплексных лубяных волокон и устройство для его реализации. / Ларин И. Ю., Савинов Е. Р. Опубл. 10.11.2013.
14. Lilholt H., Lawther J.M. Natural organic fibres // Comprehensive composite materials. Elsevier Science. 2000. V. 1. P. 303-325.
15. Изгородин А.К., Захаров А.Г., Воронова М.И. и др. Исследование возможности использования льна-межеумка в качестве сырья для получения целлюлозы // Хим. волокна. 2004. № 5. С. 30-33.
16. Захаров А.Г. и др. Целлюлоза, выделенная из водных дисперсий “whiskers” методом сублимационной сушки: структура и свойства // Химия растительного сырья. 2010. №4. С. 31-36.
17. Voronova M.I., Zakharov A.G. et al. The effect of drying technoloque of nanocellulose dispersions on properties of dried materials // Materials Letters. 2012. V.68. P. 164-167.
18. Voronova M.I., Surov O.V., Zakharov A.G Nanocrystalline cellulose with various of sulfate groups // Carbohydrate Polymers. 2013. V. 98. P. 465–469.
19. Воронова М.И. и др. Свойства пленок нанокристаллической целлюлозы с различным содержанием сульфатных групп // Химия растительного сырья. 2013. №2. С. 49-57.
20. Voronova M.I. et al. Thermal stability of polyvinyl alcohol/nanocrystalline cellulose composites // Carbohydrate Polymers. 2015. V.130. P.440–447.

**ОСОБЕННОСТИ ПРОТЕКАНИЯ ПРОЦЕССОВ БИОКОРРОЗИИ,  
ЕЕ ОЦЕНКИ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ**

**ESTIMATION OF THE PROCESSES OF BIOCORROSION,  
ITS ASSESSMENT AND PREDICTION**

С.А. Логинова, В.Е. Румянцева, Т.В. Чеснокова, Б.Е. Нармания  
V.E. Rumjanceva, S.A. Loginova, T.V. Chesnokova, B.E. Narmaniya

Ивановский государственный политехнический университет  
Ivanovo State Polytechnic University  
E-mail: varrym@gmail.com, sl79066171227@yandex.ru

В статье рассматриваются коррозионные процессы при воздействии на цементные бетоны микроорганизмов и продуктов их метаболизма. Установлена зависимость микробиологических повреждений от свойств, состояния и особенностей эксплуатации материала, агрессивности микроорганизма-деструктора, а также ряда способствующих этому взаимодействию факторов. Проанализированы проблемы, возникающие при оценке биоповреждений строительных материалов в агрессивных средах.

**Ключевые слова:** бетон; биологическая коррозия; биоповреждение; микроорганизмы; продукты метаболизма; лабораторные испытания.

The article discusses the corrosion processes when exposed to cement concrete microorganisms and their metabolic products. The dependence of the properties of microbiological damage, the condition and operation characteristics of the material, aggressiveness microorganism destructor, and a number of contributing factors to this interaction. The problems arising in the evaluation of biodegradation of building materials in hostile environments.

**Keywords:** concrete; biological corrosion; biodegradation; microorganisms; metabolism products, laboratory tests.

Биоповреждения неорганических строительных материалов, к которым относят бетон, преимущественно связано с нарушением сцепления составляющих компонентов этих материалов в результате воздействия минеральных и органических кислот.

Характер и скорость коррозионных процессов зависят от свойств, состояния и особенностей эксплуатации строительных материалов, агрессивности микроорганизмов-деструкторов, продолжительности и условий их воздействия.

Постоянно изменяющиеся условия окружающей среды вызывают трансформацию естественных экосистем, что способствует активизации и изменению механизма воздействия биодеструкторов.

Специалисты отмечают, что агрессивность природных сред до середины прошлого столетия была существенно ниже, чем в XXI веке [1]. Доказано стремительное возрастание агрессивности внешней среды из-за промышленных выбросов и загрязнений. Последние 50 лет отмечается неуклонное возрастание интенсивности биологических разрушений различных зданий и сооружений, обусловленное увеличением количества штаммов микроорганизмов - деструкторов почти в 3 раза [1].

Активное функционирование микроорганизмов способствует преждевременному разрушению материалов и изделий. Как показывает статистика [2], из различных видов микроорганизмов наибольшее повреждающее действие на промышленные и строительные материалы оказывают мицелиальные грибы. Обладая уникальным ферментативным аппаратом, грибы способны разрушать практически все материалы, на которые попадают их споры, превращая их в простые минеральные соединения.

В настоящее время недостаточно изученным остается сам механизм микробиологического повреждения строительных материалов. Это сложный процесс состоит из нескольких этапов: перенос микроорганизмов на поверхность материала; адсорбция микроорганизмов на поверхности материала; образование и рост микроколоний; воздействие продуктов метаболизма, образующихся в результате жизнедеятельности колоний микроорганизмов, на материал (кислотное, щелочное, окислительное и ферментативное); стимулирование сопутствующего биоповреждениям коррозионного разрушения строительного материала; синергизм биоповреждений, который происходит в результате наложения ряда факторов и взаимного стимулирования процессов разрушения материалов (собственно биоповреждений, старения, коррозии, изнашивания, усталостных явлений), а также развития биоценозов.

Рост биомассы микроорганизмов, внедрившихся в поры и микротрещины, способствуют разрушению бетонов. Периодическое увлажнение и высыхание сопровождается значительным колебанием объема клеток, что приводит к циклическому давлению на стенки трещин и, как следствие, к разрушению цементного камня. Способность грибного мицелия концентрировать на своей поверхности большое количество влаги, усиливает разрушительный эффект циклического замораживания и оттаивания воды в порах и трещинах цементного камня.

Максимальное продуцирование кислот культурами грибов происходит при высоких температурах и низких значениях рН. Изменения в рН внутренней и внешней среды оказывают заметное влияние на рост микроорганизмов, изменяя активность и синтез белков, связанный с различными клеточными процессами. Установлено, что микроорганизмы обладают механизмами адаптации к малым изменениям рН окружающей среды [3].

Для определения степени воздействия микроорганизмов на строительные материалы ведется учет следующих изменений: потеря массы, изменение геометрических размеров и механических свойств, изменение рН среды, а также количества ионов  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Si}^{2+}$ .

Так же, стоит отметить, что на настоящее время не решенным остается вопрос о пригодности материалов и изделий к эксплуатации в зависимости от степени роста на них различных плесневых грибов. Таким образом, рост грибов, выраженный в баллах грибостойкости от 0 до 5 (метод А ГОСТ 9.048-89) характеризует просто степень обрастания материала микрогрибами, но не отражает степени разрушения материала и ухудшения его свойств. Немаловажным является и тот факт, что ряд штаммов грибов, рекомендуемых ГОСТ 9.048-75 для проведения лабораторных испытаний, имеют пониженную активность по сравнению со штаммами, воздействующими на материалы в реальных условиях.

Процессы биоповреждений трудно моделировать и прогнозировать из-за взаимного влияния микроорганизмов, входящих в биоценозы. Кроме того, в естественных условиях на материалы влияют смежные факторы (технологические, эксплуатационные и т.д.). Учесть их в моделях процесса практически невозможно без предварительной оценки степени воздействия каждого и выявления наиболее значимых из них [4]. В полевых же условиях методы идентификации микробиологической деградации конкретного материала еще очень ограничены.

Потребность в надежных коррозионно - стойких материалах - постоянный стимул к дальнейшему разностороннему изучению механизмов биоповреждений и совершенствованию методов защиты.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ерофеев, В.Т. Биодegradация и биосопротивление цементных бетонов / В.Т. Ерофеев, Е. А. Морозов, А. Д. Богатов и др. // Биоповреждения и биокоррозия в строительстве: Материалы третьей международной науч.-техн. конф. - Саранск: Изд-во Мордов. гос. ун-та, 2009.- С.115-117
2. Melchers, R.E. Long-term immersion corrosion of steels in seawaters with elevated nutrient concentration / R.E. Melchers //Corrosion Science. - 2014. - V. 81. - P. 110–116

3. Федорцов А. П. Повышение прочности и физико-химического сопротивления бетонов агрессивными факторами среды / Композиционные строительные материалы. Теория и практика // Междунар. науч.-практич. конф. Пенза, 2002. С. 344–346.
4. Варченко Е.А. Особенности оценки биоповреждений и биокоррозии материалов в природных средах / Научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. Краснодар: КубГАУ, №104(10), 2014. С.867-872

УДК 620.19

## РАЗВИТИЕ МИКРООРГАНИЗМОВ НА ПОВЕРХНОСТИ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ

### THE GROWTH OF MICROORGANISMS ON THE SURFACE OF CEMENT STONE

С.А. Логинова, В.Е. Румянцева, Т.В. Чеснокова, В.С. Коновалова, Д.Т. Гиляздинов  
S.A. Loginova, V.Eu. Rumyantseva, T.V. Chesnokova, V.S. Konovalova, D.T. Gilyazdinov

Ивановский государственный политехнический университет  
Ivanovo State Polytechnic University

E-mail: sl79066171227@yandex.ru, varrym@gmail.com, kotprotiv@yandex.ru

**Изучена коррозия цементного камня в жидкой среде, содержащей грибковые микроорганизмы и водоросли. Показано воздействие микроорганизмов на состояние поверхности цементного камня. Исследовано изменение прочностных характеристик цементного камня при биологической коррозии.**

**Ключевые слова:** микроорганизмы; биологическая коррозия; грибок; бетон.

**Corrosion of cement stone in a liquid medium containing a fungal microorganisms and algae is studied. the impact of microorganisms on the surface condition of the cement stone is shown. Change in strength characteristics of cement stone at a biological corrosion is investigated.**

**Key words:** microorganisms; biological corrosion; mold; concrete.

Микробиологическая коррозия – прямое или косвенное воздействие низших форм живых организмов, влияющих на внешний вид или технические свойства бетона. К таким организмам относятся бактерии, морские водоросли, грибки, лишайники, мхи и т.д.

Биоповреждения неорганических строительных материалов, к которым относится бетон, преимущественно сводятся к нарушению сцепления между составляющими компонентами этих материалов в результате воздействия минеральных или органических кислот микробного происхождения [1]. Бетонные изделия разрушаются вследствие химических реакций между цементным камнем и продуктами жизнедеятельности микроорганизмов [2]. Неметаллические материалы широко используются для конструктивных целей, поэтому их биоразрушение является важной проблемой.

Пористая структура бетона способствует вовлечению микроорганизмов в **коррозионные процессы**. Первые упоминания об участии бактерий в коррозии бетона относятся к 1901 г [3]. Как правило, биоповреждения бетона за счет продуктов метаболизма микроорганизмов начинаются с поверхности и идут вглубь, так же как и при погружении бетона в жидкую агрессивную среду. Цементные бетоны имеют ограниченное сопротивление воздействию продуктов метаболизма различных бактерий.

Из-за их небольшого размера, микроорганизмы имеют большую, каталитически активную поверхность. Объем 1 см<sup>3</sup> может содержать 10<sup>12</sup> бактериальных клеток, обладающих поверхностью примерно 1 м<sup>2</sup> [4].

Благодаря переменной сечений контактирующих пор, микроструктура цементного камня обладает непроницаемостью для частиц или микроорганизмов определенного размера, как правило, намного меньше среднего размера пор. Омываемый жидкостью бетон

фильтрует воду, а мелкие частицы и микроорганизмы задерживаются на поверхности материала и вступают с ним во взаимодействие.

Для исследования микробиологической коррозии цементного камня образцы из портландцемента марки ПЦ 500-Д-0 помещали в водную среду, содержащую грибковые микроорганизмы и водоросли. Испытания проводились в течение 4 месяцев при различных условиях: при нагреве раствора до температуры 30 °С и при воздействии света. Методом объемного титрования проводился контроль катионов кальция в водной среде (рис. 1).

Результаты показывают, что имеет место коррозия цементного камня в водной среде по механизму коррозии I вида [5]. На кривых 1, 4 и 6 видно, что после 70 суток испытаний достигаются условия, близкие к равновесным. Это связано с тем, что за указанный период времени на поверхности цементного камня не произошло нарастание микроорганизмов, и биологическая коррозия еще не началась.

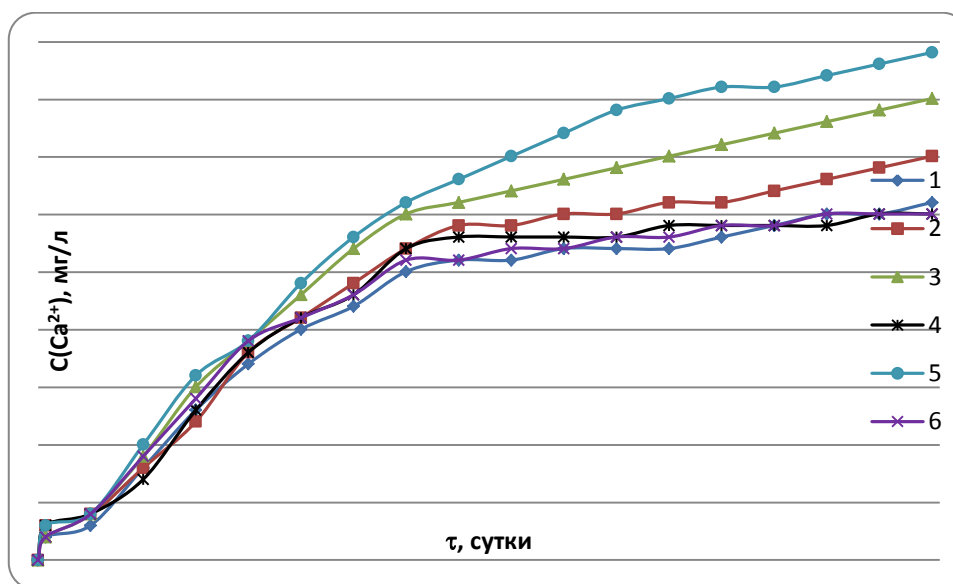


Рис. 1. Кинетические кривые концентрации катионов кальция в воде, содержащей микроорганизмы: 1 – водоросли под воздействием солнечных лучей; 2 – высшие грибы; 3 – высшие грибы при 30 °С; 4 – низшие грибы; 5 – низшие грибы при 30 °С; 6 – без микроорганизмов

Кривые 3 и 5 свидетельствуют о том, что при повышении температуры продолжается растворение кальция в цементном камне. Равновесие в системе «водная среда – цементный камень» не устанавливается. Это может быть связано с тем, что при повышении температуры на поверхности цементного камня образуются первые очаги грибков, которые также оказывают действие на цементные составляющие.

Ускорению развития микробиологической коррозии способствует присутствие питательной органической среды. Были проведены исследования микробиологической коррозии в растворе слабой органической кислоты [6, 7].

При твердении бетон покрывается защитной пленкой, образованной углекислым кальцием. Пока пленка цела, она препятствует диффузии воды внутрь бетонной кладки и тем самым защищает бетон от разрушения. Разрастаясь по поверхности строительного материала, грибы образуют бархатные, войлокообразные и ватообразные налёты различной окраски (рис. 2), чем вызывают его функциональную деградацию. В тех случаях, когда мицелий внедряется вглубь материала, образуя в нём различной величины полости, наступает снижение механической прочности камня [6].



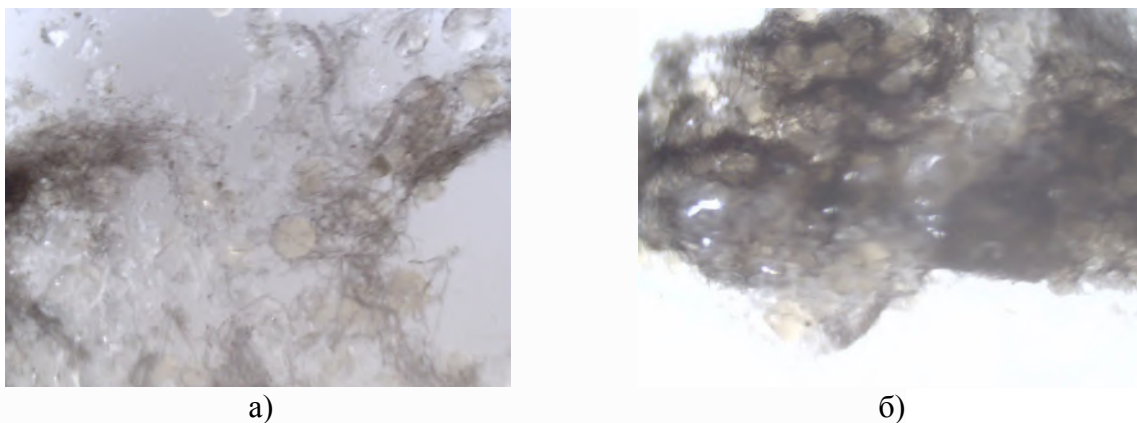


Рис. 2. Снимки пленки грибковых микроорганизмов, образовавшихся на поверхности цементного камня

Под воздействием грибов, поверхность цементного камня претерпевает видоизменения (рис. 3), ухудшаются прочностные характеристики бетонов. При испытании образцов установлено, что значение предела прочности на сжатие снижается до 10,5 МПа после воздействия микроорганизмов на цементный камень в течение 150 суток, а предел прочности на изгиб уменьшается до 3,5 МПа в ходе проведения опыта [7].

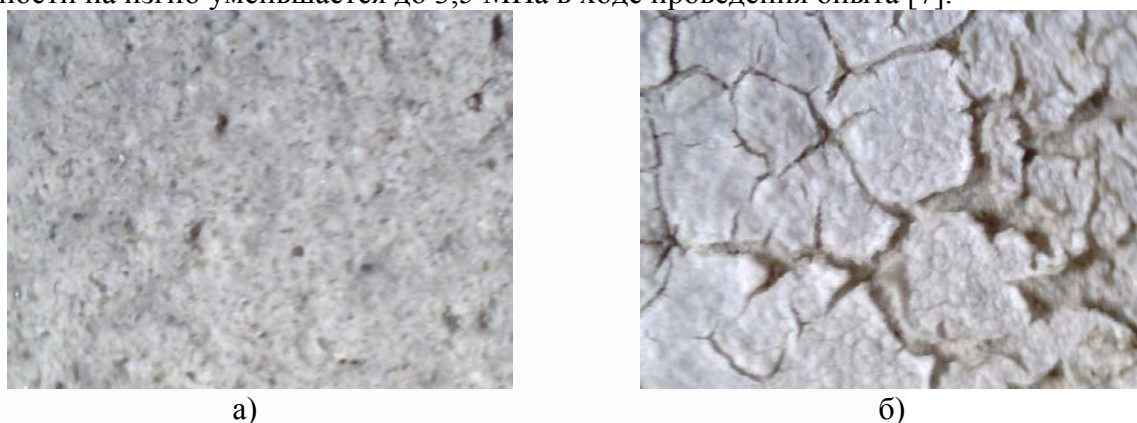


Рис. 3. Снимки поверхности цементного камня: а) до образования микроорганизмов; б) после воздействия грибов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ерофеев, В.Т. Биологическая и климатическая стойкость цементных композитов / В.Т. Ерофеев [и др.] // *Academia. Архитектура и строительство*. 2016. №3. С. 119-126.
2. Румянцева, В.Е. Биодеструкция бетона и железобетона / В.Е. Румянцева, Н.Л. Федосова, С.А. Логинова // *Материалы XXII Междунар. н.-т. конф. «Информационная среда вуза»*. Иваново: ИВГПУ, 2015. С. 748-751.
3. Иванов, Ф.М. Биоповреждения в строительстве / Ф.М. Иванов, С.Н. Горшина. М.: Стройиздат, 1984. 318 с.
4. Marcus P. *Corrosion mechanisms in theory and practice*. Second Edition, Revised and Expanded. Marcel Dekker, Inc., 2002. 729 p.
5. Шестеркин, М.Е. Экспериментальные исследования процессов коррозии первого вида цементных бетонов с учетом свойств портландцемента / М.Е. Шестеркин // *Молодые ученые развитию промышленно-текстильного кластера: сб. материалов межвузовской научно-технической конференции студентов и аспирантов с международным участием (ПОИСК-2015)*. Иваново: ИВГПУ, 2015. Т.2. С. 302-303.
6. Коновалова, В.С. Процессы коррозионной деструкции цементного камня в слабых растворах органических кислот / В.С. Коновалова // *Молодые ученые – развитию текстильно-промышленного кластера (ПОИСК - 2015): сборник материалов межвузовской*



научно-технической конференции аспирантов и студентов с международным участием. Ч. 2. Иваново: Иванов. гос. политехн. ун-т, 2015. С. 296-297.

7. Коновалова, В.С. Аспекты биологической коррозии бетонов в растворах органических кислот / В.С. Коновалова // Актуальные проблемы городского и регионального развития: Материалы 5-й Всероссийской студенческой научно-практической конференции. Череповец: ЧГУ, 2015. С. 73-74.

УДК 677:620.3

## МОДИФИКАЦИИ ПОЛИЭТЕЛЕНТЕРЕФТАЛАТА

## MODIFICATIONS OF POLYETHYLENE TEREPHTHALATE

Шаньюонг Джан, Т.А. Меркулова  
Shangyong Zhang, Tatyana Merkulova

Уханьский текстильный университет  
Wuhan Textile University (Wuhan, Hubei, China)  
E-mail: shangyong.zhang@wtu.edu.cn, merkta@mail.ru

В статье рассматриваются вопросы возможности некоторых модификаций полиэтилентерефталата, обладающего высокой кристалличностью, гидрофобностью и химической устойчивостью, для совершенствования ассортимента вырабатываемых текстильных изделий. Здесь приводятся образцы текстильных изделий, вырабатываемых некоторыми текстильными предприятиями Китая. Авторы обращают внимание на возможность выпускать биологически разлагаемые волокна.

**Ключевые слова:** полиэстер; прививочная сополимеризация, пероксид бензоила; декоративные ткани; бактерии.

The article discusses the possibility of modification of polyethylene terephthalate with high crystallinity, hydrophobic and chemical resistance, to improve the range of produced textiles. Samples of textile products, which are produced by some textile mills in China, are depicted here. The authors attract attention to the possibility of biodegradable fibers manufacturing.

**Keywords:** polyester; graft copolymerization; benzoyl peroxide; tapestry; bacteria.

В 2017 году, как отмечается в приложении к постановлению Правительства Ивановской области от 10.11.2016 № 374-п, прогнозируется рост объема инвестиций на 15,5% к предыдущему году в основном за счет реализации нового крупного инвестиционного проекта «Строительство комплекса по производству полиэтилентерефталата (ПЭТФ) текстильного назначения в Ивановской области» АО «Ивановский полиэфирный комплекс» [1].

Многие ивановские специалисты текстильщики расходятся в одобрении этого проекта, ссылаясь на экологию, на необходимость развивать льноводство, на отработанные технологические процессы по переработке хлопка и целый ряд других причин. Всё верно, и лён можно выращивать и перерабатывать (да только тяжело это), и неплохо бы вспомнить, как перерабатывали шерсть на камвольном комбинате (а овец и у нас, и у соседей выращивать умеют). Вот только хлопок у нас не растёт. А как ещё занять людей в нашей «Гиперборейской» области, когда у нас и в мае и в сентябре может пойти снег? Почему мы совсем забыли, что в России есть углеводороды, которые мы продаём как сырьё всем странам, а у себя в магазинах можем видеть прекрасные ткани из полиэстера, но только корейского и китайского производства? Почему мы забыли, что в России было много заводов по производству химических волокон: Барнаул, Балаково, Тверь, Красноярск и многие другие. Многие фабрики в Иванове специализировались по производству самого

разнообразного ассортимента вискозных тканей. Конечно, если себестоимость электроэнергии 6-12 копеек за квт, а платить за неё нужно 6 рублей за квт, то любое производство лучше развивать в Индии, Вьетнаме, Бангладеш и других странах.

Иваново широко известно своими специалистами в области химии. У нас есть Химико-технологический Университет, у нас есть Институт химии растворов им. Г.А. Крестова Российской академии наук, у нас есть химзаводы. В Шуе был известен завод по производству медно-аммиачных волокон. Ивановцы знают, что пластики на основе полиэтилентерефталата называются ПЭТФ (в российской традиции) либо PET (в англоязычных странах). В настоящее время в русском языке мы употребляем оба сокращения, однако когда речь идет о полимере, чаще используется название ПЭТФ, а когда об изделиях из него — ПЭТ.

Многие текстильщики знают технологии переработки волокна лавсан, получаемого из полиэтилентерефталата, которое называли лавсаном в честь места разработки — Лаборатории Высокомолекулярных Соединений Академии Наук. Аналогичные волоконные материалы, изготавливаемые в других странах, получили другие названия: *терилен* (Великобритания), *дакрон* (США), *тергал* (Франция), *теторон* (Япония), *полиэстер*, *мелинекс*, *милар* (*майлар*), Тесарет («Текапэт») и Тесадур («Текадур»), *тревира* (Германия) и т. д.

Полиэстер, пожалуй, самая распространенная синтетическая ткань. На постельном и нижнем белье, одежде, нередко можно увидеть такое сочетание букв «polyester» [2-4].

Создание полиэстера – сложный процесс. Он представляет собой химическую реакцию, в которой участвует множество компонентов. Но для производства используются продукты нефтепереработки. Они обладают рядом особых свойств, благодаря которым применяются в легкой промышленности, как в чистом, так и в комбинированном виде. Сырьем служит диметиловый эфир терефталевой кислоты и этиленгликоль. Однако методы создания в каждой стране отличаются, хотя сам принцип и остается единым. Вот почему на фабриках до сих пор различают лавсан и полиэстер.

На ощупь изделия из полиэстера похожи на разные ткани. Это может быть хлопок, шерсть и даже шелк. Это зависит от способа выработки и наличия дополнительных волокон в составе ткани. В настоящий момент полиэстер буквально захватил все сферы текстильной промышленности.

В зависимости от используемой технологии можно получить как штапельные волокна, так и филаментные мононити, объёмные и текстурированные виды нитей.

Полиэстер обладает целым рядом положительных качеств, таких как прочность и долговечность; простота ухода; устойчивость к действию кислот и растворителей, устойчивость к выгоранию. Изделия из полиэстера быстро сохнут, не деформируются при носке. Обладая гидрофобностью, материал практически не впитывает влагу, устойчив к загрязнениям и не подвержен воздействию вредных насекомых. Конечно, есть и недостатки. Материал плохо пропускает воздух и, иногда, имеет повышенную жесткость.

Жаль, что пока мы заикнулись на лавсане, другие страны не опустили руки и стараются модифицировать эти волокна, применяя их для выработки самого широкого ассортимента изделий.

ПЭТ коммерчески является одним из наиболее важных и успешных технических полимеров [5]. Он широко используется в виде волокон, пленок и резинотехнических изделий. Они обладают высокой кристалличностью, гидрофобностью и не содержат химически активных групп, что делает их устойчивыми к химической модификации. Однако химическая модификация путем прививочной сополимеризации является важным методом для улучшения окрашиваемости, антистатических свойств, гигроскопичности или для придания волокнам антибактериальных свойств. Известны патенты или исследования о прививке различных виниловых мономеров стирола, метанола метакрилата, метакриловой кислоты, акрилонитрила и акриламида. Соплимеризацию акриловой кислоты и ПЭТ волокон предлагают проводить с помощью инициатора свободно-радикальной

полимеризации. Многие исследователи для инициирования реакции используют радиоактивные излучения.

Модификацию поверхности волокон проводят и путём прививки усилительных полимеров. Известно, что применение волокон для конкретного использования зависит от их линейных размеров, прочности, поверхностного напряжения, модуля упругости, удлинения, химической стойкости, структуры и формы, трения, адгезии, антимикробной активности и других специфических свойств. Поэтому, чтобы получить желаемые эффекты, много внимания уделяется оптимизации морфологии полимера и его химической структуре. Если свойства поверхности не являются подходящими, то проводят поверхностную обработку.

Метакриловая кислота успешно прививается к полиэтилентерефталатным волокнам с использованием пероксида бензоила при возрастании температуры только до 85 градусов. Известны реакции химического и термического инициирования воздействия на полиэфирные волокна виниловых мономеров. Многие специалисты сосредоточены на достижении изменений в физических и механических свойствах привитых ПЭТ волокон. В случае предварительного облучения полиэстера лазерными лучами с последующей прививкой акриловой кислоты готовые ткани из полиэстера показывают хорошую паропроницаемость,. При этом изменяется диаметр волокон и структура поверхности ткани.

При осуществлении процесса сополимеризации акриловой кислоты и полиэфирных волокон с использованием перекиси бензоила применяют различные добавки, обращая внимание на количество формируемого гомополимера с учётом энергии активации. Скорость прививки акрилонитрила, акриловой кислоты и винилацетата на полиэфирное волокно зависит от энергии активации. Кроме инициатора на процессы модификации влияют концентрация мономера, время реакции, температура, также как и добавление для полимеризации солей металлов.

Антибактериальные полиэтилентерефталатные волокна получают путём прививки акриловой кислоты с последующей обработкой антибиотиками цефалоспоринового типа. Для модификации ПЭТ антибактериальными реагентами используют внедрение надлежащего количества функциональных групп, которые, в свою очередь, будут иметь возможность объединиться с соответствующими антибактериальными субстанциями. При этом, иногда, проводят предварительное сульфирование путём обработки волокон соответствующим антибиотиком. Чтобы исключить снижение прочности волокон, используют процессы введения в волокна карбоксильных групп метакриловой кислоты, вместо сульфоновых групп. Они могут быть присоединены к щелочным антибактериальным веществам по линии химических связей. В этом случае в гетерогенной системе прививка достигается в присутствии активатора перекиси бензоила. Впоследствии, такие антибиотики, как кристаллический пенициллин, неомицин и гентамицина будут легче сочетаться с модифицированными ПЭТ волокнами.

Для улучшения огнеупорности ткани мономер глицидилметакрилата (GMA) используют для фото индуцированной прививки ПЭТ ткани с последующей обработкой 1-гидроксидом этиленден-1,1 дифосфоновой (HEDP) и сульфаминовой кислотой ( $H_2NSO_3H$ )

В Китае компания Tongxiang Tenghui Textiles Co., Ltd. Более 15 лет специализируется на производстве и развитии всех видов декоративных тканей (рис.1) и текстиля для домашних нужд [6]. Особое предпочтение отдаётся выработке жаккардовых тканей, искусственной кожи, замши и, конечно, смесовых и хлопчатобумажных тканей. Процесс ткачества осуществляется на рапирных и жаккардовых станках с ежегодным объёмом производства более 10 млн метров тканей.

Например, жаккардовая ткань (FTH32108) из 100% полиэфира для обивки мебели (рис.2), вырабатывается



Рис. 1. Жаккардовая ткань для обивки мебели

шириной 145 см и 280 см. При этом используется технология производства пряжи из штапельных волокон, с окраской пряжи. Здесь же из 100% полиэстера выпускают ткань - FTD31077, похожую на льняную ткань. При этом применяют текстурированную пряжу и полотняное переплетение, а ткань обладает хорошими прочностными характеристиками, водонепроницаема и огнестойка.



Рис. 2. Ткацкие станки Tongxiang Tenghui Textiles Co., Ltd

Интересен ряд замшевых и вельветовых тканей, вырабатываемых этой компанией из филаментных нитей 100% полиэстера с модификацией под вискозу. Например, ткань FPK36007, используемая для обуви, сумок, военной амуниции и домашнего использования, обладает высокой термостойкостью, сопротивлением статическому электричеству, огнеупорна и устойчива к пиллингу.

Другая интересная китайская компания по производству тканей из полиэстера - Wujiang Danlu Textile Co., Ltd. [7] Она также специализируется на производстве тканей для сумок, наружной рекламы. В качестве пряжи применяют самый широкий диапазон нитей от 15 до 300 D (рис. 3).



Рис. 3. Имитация под лён



Рис. 4. Ткань из смеси полиэстера и спандекса

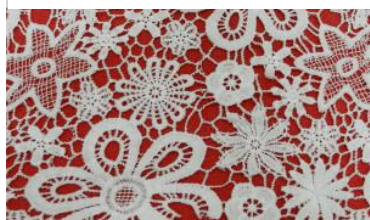


Рис. 5. Кружевные ткани из 100% полиэстера.

Впечатляют применяемые ею виды отделки: прямое крашение, печать, тиснение, прессовка, нанесение покрытий из серебра и золота, поливинилхлорида, полиуретана и т.д.

Zhejiang Hongli Group Hangzhou Import and Export Co., Ltd. была создана в 2000 году и специализируется на выпуске тканей для одежды, декоративных тканей, нетканых полотен для фильтровальных материалов [8]. Она имеет в своём распоряжении оборудование для прядения хлопка, шерсти, химических волокон с выпуском пряжи до 3000 тонн в год. Здесь вырабатывают ткани для женской одежды из смеси полиэстера и спандекса (рис.4). применяя кручёную пряжу от 15 до 200 D, причём процент спандекса колеблется в зависимости от назначения ткани от 1 до 10 %. Эта же фирма производит кружевные ткани из 95 % полиэстера и 5 % спандекса на двухфонтурных кругловязальных машинах интерлок. Фирмы Guangzhou Diligent Textile Co., Fujian Sincare Lace Industrial Co., Ltd. из 100% полиэфира [9] вырабатывают красивые кружевные ткани (рис. 5).

В Уханьском текстильном университете готовят специалистов по разработке компьютерных программ для изменения рисунков и создания дизайна новых кружевных полотен.

Говоря об ассортименте тканей из полиэстера, нельзя не упомянуть искусственный мех. Фирма Jiashan Yongbang Artificial Fur Co., Ltd. специализируется на производстве



искусственных меховых и плюшевых тканей с коротким и длинным ворсом. Zhejiang Jiashan Yueda Artificial Fur Co., Ltd производит искусственный мех как из 100% полиэстера, так и в смеси с акриловыми волокнами.



Рис. 6. Искусственный мех из 100% полиэстера с коротким и длинным ворсом и плюшевых тканей с коротким и длинным ворсом

Вышеперечисленными тканями не ограничивается обширный ассортимент изделий, который можно производить с помощью модифицированного полиэтилентерефталата. Конечно, при этом возрастают повышенные требования к состоянию экологической среды, и возникает необходимость строить надёжные очистные сооружения.

Актуальность проблемы утилизации отходов полимеров обусловлена высокими темпами роста производства и потребления изделий. У нас в Иванове, проводятся исследования в этой области. Известны исследования термического разложения полиэтилентерефталата, в которых отмечается, что основным продуктом данного процесса является бензойная кислота, а также газ, содержащий углеводороды низших рядов, оксид и диоксид углерода. В результате чего выявлено, что наиболее эффективными каталитическими свойствами обладает природный алюмосиликат, модифицированный ионами Ni<sup>2+</sup>.

Интересны работы химиков из Японии, которые открыли новый вид бактерий (*Ideonella sakaiensis* 201-F6), которые способны разлагать пластик (по крайней мере, полиэтилентерефталат — наиболее распространенный его вид). Исследование опубликовано в журнале *Science*. *Ideonella sakaiensis* - вид граммотрицательных бактерий из группы протеобактерий. Эти организмы стали известны благодаря своей способности быстро разлагать ПЭТ волокна. При этом бактерии *Ideonella sakaiensis* 201-F6 используют полиэтилентерефталат в своем углеродном и энергетическом обменах, выделяя два фермента, разлагающие его до экологически безопасной терефталевой кислоты и этиленгликоля.

Таким образом, производство и наука не стоят на месте. А Россия, обладая богатыми запасами углеводородов и опытными специалистами в области химии, тоже может производить обширный ассортимент тканей из полиэстера, как это сейчас делают в Корее и Китае.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Приложение к постановлению Правительства Ивановской области от 10.11.2016 № 374-п «ПРОГНОЗ социально-экономического развития Ивановской области на 2017 год и плановый период 2018 и 2019 годов». Иваново, 2016. с. 54
2. Шаньюнг Джан, Татьяна Меркулова. Функциональный текстиль в Китае. Сборник материалов XVIII международного научно-практического форума «Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы» (Smartex-2015). Иваново. С 154.

3. Т.А. Меркулова, Шанюонг Джан. Современные направления развития нанотехнологий в КНР. Сборник материалов XIX международного научно-практического форума «Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы» (Smartex-2016). Иваново. С 193.
4. Шанюонг Джан, Меркулова Т. А. Медицинский текстиль. Сборник материалов VIII международной научно-практической конференции: «Актуальные проблемы науки XXI века» 1 часть, г. Москва: сборник со статьями (уровень стандарта, академический уровень). – М.: Международная исследовательская организация "Cognitio", 2016. – 160с
5. M. Abdolahifard, S. Hajir Bahrami, and R. M. A. Malek. Surface Modification of PET Fabric by Graft Copolymerization with Acrylic Acid and Its Antibacterial Properties. ISRN Organic Chemistry. Volume 2011 (2011), Article ID 265415, 8 pages
6. [http://www.Tongxiang Tenghui Textiles Co., Ltd](http://www.TongxiangTenghuiTextilesCo.,Ltd)
7. [http://www.Wujiang Danlu Textile Co., Ltd](http://www.WujiangDanluTextileCo.,Ltd)
8. [http://www.Zhejiang Hongli Group](http://www.ZhejiangHongliGroup)
9. [http://www. Guangzhou Diligent Textile Co](http://www.GuangzhouDiligentTextileCo)
10. [http://www. Jiashan Yongbang Artificial Fur Co., Ltd.](http://www.JiashanYongbangArtificialFurCo.,Ltd)
11. Папынов Е.К., Павлюшкевич К. Е., Шапкин Н.П. Способ каталитического пиролиза отходов полиэтилентерефталата с получением бензойной кислоты. Патент на изобретение №: 2433115. Банк патентов РФ. МПК: C07c. Зарегистрирован

УДК 677.074.166.7

## **НОВЫЕ ВИДЫ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

### **NEW TYPES OF DOMESTIC TEXTILE FILLERS FOR VARIOUS COMPOSITE MATERIALS**

Е.П. Лаврентьева, М.П. Михайлова  
E.P. Lavrentyeva, M.P. Mikhailova

ОАО «Инновационный научно-производственный центр текстильной и легкой промышленности», (Москва)  
Innovative Scientific Research and Production Center for Textile and Light Industry, OJSC,  
(Moscow)

E-mail: [elavrentyeva@inpctlp.ru](mailto:elavrentyeva@inpctlp.ru), [mmikhailova@inpctlp.ru](mailto:mmikhailova@inpctlp.ru)

**Рассмотрены некоторые вопросы по замене тканых армирующих материалов для композитов на аксиальные полотна, как наиболее перспективные текстильные материалы.**

**Ключевые слова:** текстильный материал, армирующий материал, композиционный материал, аксиальные полотна.

**The article discusses some issues regarding the replacement of woven reinforcing materials for composites by axial fabrics considered as the most promising textiles.**

**Key words:** textile material, reinforcing material, composite material, axial fabrics.

Применение композитных материалов в различных областях науки и отраслях промышленности начало развиваться особенно интенсивно в XX веке и в настоящее время является довольно значимым и значительным. Мировой рынок композиционных материалов устойчиво развивается.

Основными составляющими этих материалов являются наполнитель и пропитывающий состав.

Работа посвящена разработке армирующих материалов нового поколения для композитов с повышенными прочностными показателями, а именно, аксиальным полотнам с использованием отечественных сырьевых компонентов. Технология их получения исключает наличие многократных деформационных воздействий, истирания и трения в отличие от процесса ткачества.

При разработке текстильных армирующих материалов следует учитывать комплекс требований к композитам конструкционного назначения:

- должно обеспечиваться определенное соотношение между механическими свойствами армирующих волокон и матрицы;
- модуль упругости при растяжении и сдвиге волокон должен быть больше, чем у связующего;
- прочность волокон должна быть выше, чем у связующего;
- коэффициенты Пуассона для волокон и матрицы должны быть близки;
- термические характеристики волокон должны быть выше температур переработки композита.

Исходя из этих постулатов, для изготовления аксиальных полотен, предназначенных для конструкционных деталей и узлов, были выбраны высокопрочные углеродные нити на основе ПАН, стекло- и базальтовые ровинги.

Методом вакуумной инфузии были изготовлены опытные образцы пластиков на основе стекло- и базальтовых полотен (таблица 1) и углепластиков (таблица 2). Сравнение механических свойств этих образцов проводилось с традиционными тканями Т-10-14 (стеклоткань) и углетканью фирмы «Porcher Ind.».

Таблица 1

Физико-механические показатели КМ на основе стекло- и базальтового ровингов

Образец	Результаты испытаний				
	№пп	Прочностные характеристики при изгибе		Модуль упругости при изгибе, МПа	Разрушающее напряжение при межслойном сдвиге
		$\sigma_{р. изг.}$ , МПа	$z_p$ , мм	$E_{упр.}$ , МПа	$\tau_{мс}$ , МПа
1 Стеклоткань	среднее	203	2,1	13000	14,7
2	среднее	265	1,9	20200	6,1
3	среднее	171	1,7	15400	10,6
4	среднее	248	1,9	18330	11,6
5	среднее	99,8	1,6	11030	8,5
6	среднее	194	1,6	21070	13
7	среднее	220	1,4	20330	11
8	среднее	329	1,85	24100	16,1
9	среднее	180	1,3	16530	6,7

Таблица 2

Сравнительные показатели механических свойств КМ на основе углеродных ровингов

Материал	Прочность при растяжении, МПа	Прочность при сжатии, МПа	Прочность при изгибе, МПа	Пористость, %
Углеродная ткань Porcher	743	680	1050	2,1
Мультиаксиальное углеполотно	620	638	970	2,6

С учетом полученных результатов в нашем Центре были разработана технология

производства аксиальных текстильных полотен (АТП) и составлен регламент производства аксиальных текстильных полотен на основе стекло- и базальтовых ровингов. Наш партнер в этой работе АО «Институт пластмасс им. Г.С. Петрова» разработал пропиточный состав для КМ, технологию получения его и регламент технологии пропитки методом вакуумного формования.

На рис.1 показана укладка лент в аксиальном полотне на машине Malitronic Multiaxial.

С использованием опытно-промышленных партий стекло- и базальтовых АТП и пропиточного состава ПФЭ-2/10М методом вакуумного формования были изготовлены изделия, предназначенные для применения в различных отраслях промышленности:

- деталь резервуара для хранения и транспортировки агрессивных жидкостей (рис.2);
- автокрыло (рис.3);
- каска спортивная (рис.4);
- балясина объемная (рис.5).

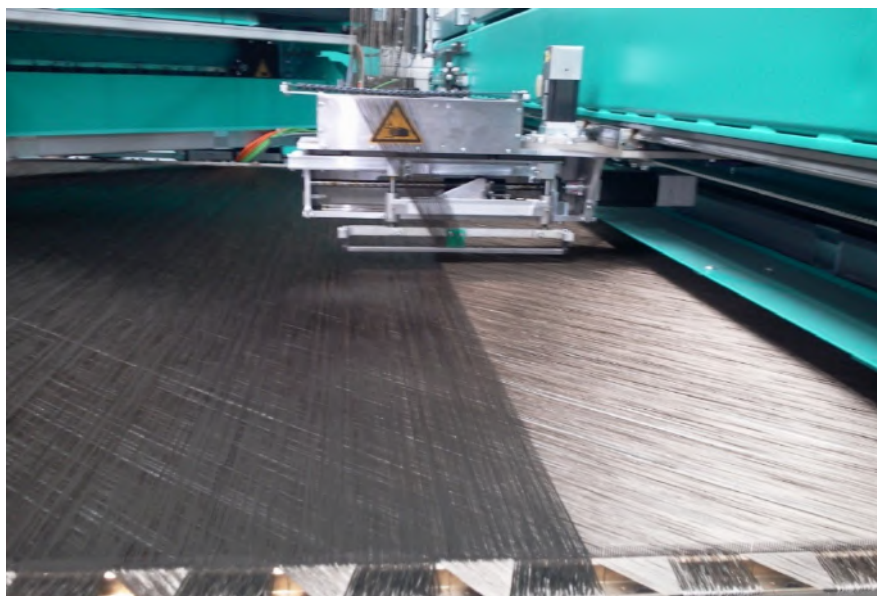


Рис 1. Операция укладки лент аксиальных полотен



Рис.2. Деталь резервуара для хранения и транспортировки агрессивных жидкостей





Рис.3 Автокрыло



Рис.4 Каска спортивная



Рис. 5 БаляcиHa oбъeMHaя

• Таблица 3

Результаты испытаний изделий

Армирующий наполнитель	Прочностные характеристики при изгибе		Модуль упругости при изгибе, $E_{упр}$ , МПа	Разрушающее напряжение при межслойном сдвиге, МПа
	Напряжение, $\sigma$ , МПа	Высота прогиба, $z$ , мм		
Стеклоткань Т-10	205	2,1	13000	14,0
Стеклополотно	254	0,9	20400	14,5
Базальтовое полотно	244	0,5	16080	16,3
Полотно стекло/базальт	261	1,7	22940	15,1

- Результаты испытаний изготовленных образцов изделий, приведенные в таблице 3, позволяют сделать вывод о преимуществах прочностных характеристик (в статических условиях) – напряжение при изгибе и высота прогиба, модуль упругости при изгибе и разрушающее напряжение при межслойном сдвиге – изделий с армирующим наполнителем на основе аксиальных полотен в сравнении с традиционными тканями.
- Такой вывод позволяет рекомендовать разработанные аксиальные полотна на базе отечественных сырьевых материалов для применения в композиционных материалах различного назначения в качестве современного армирующего наполнителя.

**РАЗРАБОТКА СОСТАВА ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЗАЩИТНОГО СЛОЯ ОТ СВЧ-ИЗЛУЧЕНИЙ НА ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛАХ**

**DEVELOPMENT OF COMPOSITION FOR CREATION OF THE PROTECTIVE LAYER FROM SUPERHIGH-FREQUENCY RADIATIONS ON TEXTILE MATERIALS**

В.В. Сафонов<sup>1</sup>, А.Е. Третьякова<sup>1</sup>, В.Б. Иванов<sup>2</sup>, И.Д. Капаева<sup>1</sup>  
V.V. Safonov<sup>1</sup>, A.E. Tretyakova<sup>1</sup>, V.B. Ivanov<sup>2</sup>, I.D. Kapayeva<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина  
(Технологии. Дизайн. Искусство), (Москва)

<sup>2</sup>Институт химической физики им. Н.Н. Семенова Российской академии наук,  
(Москва)

<sup>1</sup>Russian state University A.N. Kosygin (Technology. Design. Art), Moscow

<sup>2</sup>Institute of chemical physics of N. N. Semenov of the Russian Academy of Sciences,  
(Moscow)

E-mail: svv@staff.msta.ac.ru, e-mail: icp@chph.ras.ru

Рассмотрены вопросы связанные с разработкой состава печатной композиции для придания текстильному материалу защитных свойств от излучений, в частности, сверхвысокочастотного (СВЧ); приведены результаты экспериментального исследования защитных свойств полученного материала.

**Ключевые слова:** СВЧ-излучение; наноуглерод; защитный материал; СВЧ-поглотители.

Are considered development of structure of printing composition for giving to textile material of protective properties from radiations, in particular, of superhigh-frequency, results of pilot study of protective properties of the received material are given.

**Keywords:** SHF-radiation; nanocarbon; protective material; SHF-absorbers.

Проникание небольшой части мощности СВЧ-установок в окружающее пространство представляет опасность для людей: воздействие достаточно мощного СВЧ-излучения на зрение, нервную систему и органы человека может вызвать серьезные болезненные явления. При работе с мощными источниками СВЧ энергии необходимо неукоснительно соблюдать требования техники безопасности. По мере удаления от мест излучения СВЧ (от резонаторных камер или волноводных систем, где производится обработка с помощью СВЧ-энергии) поток излученной энергии быстро ослабевает (обратно пропорционально квадрату расстояния). Поэтому можно установить безопасную границу, где уровень излучения ниже нормы, и выполнить ее в виде ограждения, за которое нельзя заходить во время технологического процесса. Технология микроволновых поглотителей является важной темой в военной отрасли, так как электромагнитное излучение способно заглушить линии связи или повредить электронику, например, беспилотника либо управляемого боеприпаса. Давно известно и подтверждено на практике, что современные беспилотные летательные аппараты (БПЛА) с дистанционным управлением подвержены воздействию средств радиоэлектронной борьбы. При глушении канала управления аппарат не может продолжать выполнять возложенные задачи и переходит на работу в автоматическом режиме, например, самостоятельно возвращаясь на базу [1, 2].

СВЧ-поглотители – это специально разработанный материал для подавления излучения электромагнитной энергии, которая падает на поверхность поглотителя путем превращения электромагнитной волны в тепловые колебания молекул и атомов. Рассеивание происходит, когда микроволновое излучение проникает в структуру поглотителя, при этом ослабляясь за счет абсорбции веществом поглотителя. Необходимость разработки таких защитных устройств стимулировала большое количество работ в этой области [2].

Целью работы является разработка состава для создания защитного материала от СВЧ-излучения, превосходящая по параметрам существующие аналоги.

Задачи работы заключаются в создании методики производства материала, а также в определении свойств полученных образцов в зависимости от состава печатной краски и оптимального состава печатной композиции.

Образцы изготавливались по технологии пигментной печати, с использованием нанюглерода двух модификаций. Фиксация печатной краски на ткани производилась путем термообработки. Образцы помещались в волноводный тракт прямоугольного сечения. Непосредственно измерялись модули коэффициента отражения от волноводной ячейки, согласованной с трактом (работающей в «излучающем» режиме), с уровнем обратного отражения ниже -30 дБ, нагруженную на измеряемый образец, а также модуль коэффициента прохождения электромагнитного излучения (ЭМИ) через образец, размещённый таким образом, чтобы полностью перекрыть сечение волноводного тракта. Для оценки степени анизотропии электрических свойств образцов измерения проводились для двух взаимно перпендикулярных поляризационных положений каждого образца. Источником квазимонохроматического излучения соответствующего диапазона служил свип-генератор на диоде Ганна с амплитудной модуляцией рпн-диодами. Генерация излучения проводится в режиме линейно изменяющейся частоты в пределах рабочего диапазона волновода или на фиксированной частоте. Перестройка частоты осуществляется за счет линейного изменения напряженности постоянного подмагничивающего поля в резонаторе с феррит-гранатовой сферой. В качестве выделяющего элемента используются направленные детекторы падающего, отраженного или прошедшего излучения, состоящие из направленных волноводных ответвителей на сочлененных перфорированных волноводах с встроенным во вторичный тракт СВЧ-детектором, работающем в линейном по полю режиме при смещении рабочей точки [3-5].

Таблица 1

Радиотехнические характеристики испытанных образцов тканей

№	Образец	Содержание, г/мл	$K_{\text{прох}}$ , дБ	$K_{\text{отр}}$ , дБ	$\rho_s$ , Ом/квадрат
1	Нанюглерод I	0,125	0,8 (  ) 0,9(⊥)	18,4 (  ) 16,2 (⊥)	0,45
2		0,25	4,5 (  ) 5,8 (⊥)	5,9 (  ) 5,8(⊥)	3,06
3		0,5	7,6 (  ) 5,2 (⊥)	4,3 (  ) 6,0 (⊥)	4,03
4	Нанюглерод II	0,125	2,3 (  ) 1,2(⊥)	11,5(  ) 15,9(⊥)	0,84
5		0,25	4,3 (  ) 2,2(⊥)	7,6 (  ) 13,7(⊥)	1,61
6		0,5	11,0 (  ) 11,4(⊥)	3,0 (  ) 2,6(⊥)	8,96

Приведённые коэффициенты прохождения ЭМИ через образец  $K_{\text{прох}}$ , отражения от образца  $K_{\text{отр}}$ , а также удельного поверхностного сопротивления  $\rho_s$  и действительной части

диэлектрической проницаемости  $\varepsilon'$  оценочно показывают повышение поглощающей способности при увеличении содержания нанougлерода в исследуемых образцах. Видно, что наилучшими характеристиками обладают образцы, напечатанные с 50% долей нанougлерода обеих модификаций.

Таким образом, на основании определения оптимального состава печатной композиции в производстве поглощающих материалов по проведенной технологии возможно уменьшить воздействие на человека СВЧ-излучения и повысить эффективность защищающего от него текстильного материала.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гребёнкин А.Н., Гребёнкин А.А., Зверлин С.В., Труевцев Н.Н. О новых возможных технологиях создания текстильных материалов для защиты от электромагнитного излучения // Вестник СПГУТД. 2008. №3(18). с. 78 – 82
2. Борзенко Г.П., Ткачев Н.А. Пат. 2119216 Российская Федерация. Поглотитель электромагнитных волн и способ его изготовления / заявл. 13.08.1996.; опубл. 20.09.1998
3. СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96 Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ)
4. Никифорова А.А, Давыдов А.Ф., Курденкова А.В., Бызова Е.В. Разработка метода оценки коэффициента прохождения электромагнитного излучения тканей специального назначения // Дизайн и технологии. 2013. № 36 (78). с. 55-61
5. Т.С. Бекренева, В.И. Ефремов, Г.Ю. Захарова, В.К. Осипович, А.В. Полоник, К.А. Спиридонов Пат. 2153785, Российская Федерация. Способ оценки радиоэкранирующих свойств радиозащитной одежды / заявл. 15.12.98; опубл. 27.07.00  
УДК 677.494.675.4 + 616-74

УДК 677.024

#### ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ШЕРОХОВАТОСТИ ДИСКА ДЛЯ ЗАМАСЛИВАНИЯ НИТЕЙ ИЗ ОКСИДА АЛЮМИНИЯ

#### INVESTIGATION OF THE OPTIMAL ROUGHNESS OF THE DISK TO OILING OF THREADS OF ALUMINUM OXIDE

А.В. Медведев<sup>1</sup>, К.Э. Разумеев<sup>2</sup>  
A.V. Medvedev<sup>1</sup>, K.E. Razumeev<sup>2</sup>

<sup>1</sup>АО «НПО Стеклопластик» филиал НПК «Терм» (Москва),  
<sup>2</sup>Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина  
(Технологии. Дизайн. Искусство) (Москва)

JSC "NPO Stekloplastik" affiliat NPK "Therm" (Moscow)  
«Russian State University A.N. Kosygina (Technologies. Design. Art)» (Moscow)  
E-mail: 24091955@mail.ru, k.razumeev@rambler.ru

Проведены исследования по определению оптимальной шероховатости диска для замасливания нитей из оксида алюминия. Определена зависимость величины краевого угла смачивания замасливающей эмульсией на основе водного раствора препарата АВИБ-Б, от параметров шероховатости Ra стальных образцов. В качестве образцов использовались образцы шероховатости с параметром шероховатости поверхности Ra от 1,600 до 0,0125 мкм.  
Ключевые слова: замасливающий диск; параметры шероховатости; нити из оксида алюминия.

The results of determination of optimal roughness of the disk for oiling of the threads produced out of aluminium oxide. The function of the wetting angle of sizing emulsion was determined as based on an aqueous solution of the drug AVIV-B and the parameters of roughness Ra of the steel samples. As the samples for research were used samples with the levels of the parameter of surface roughness from 1.600 to 0.0125 micrometer.

**Key words:** the disk to oiling; the roughness parameters; the threads of the aluminum oxide.

С целью подготовки к текстильной переработке волокна и нити подвергаются обработке текстильно-вспомогательными веществами (ТВВ). Для нанесения на ТВВ на нити используются замасливающие устройства различного типа. Основным требованием к замасливающим устройствам является нанесение заданного количества ТВВ на нить и равномерное распределения по сечению нити. Этим требованиям в наибольшей мере удовлетворяют замасливающие устройства дискового типа [1, 2].

Одной из наиболее важных проблем, связанных с проектированием замасливающего диска, является выбор оптимальных параметров шероховатости. Это объясняется существенным влиянием микрорельефа его рабочей поверхности на смачиваемость ТВВ. Поскольку количественной мерой смачивания служит краевой угол, возникла необходимость определения зависимости величины краевого угла смачивания, от параметров шероховатости стальных образцов.

Целью работы является исследование зависимости краевых углов смачивания замасливающей эмульсии на основе водного раствора препарата АВИБ-Б от параметров шероховатости стальных образцов.

Замасливающая эмульсия на основе водного раствора препарата АВИБ-Б, UN 3082, ТУ 2484-054-17965-829-2005 8 % (масс). Физико-химические характеристики замасливающей эмульсии:

- динамическая вязкость,  $1,285 \text{ Па} \cdot \text{с} \cdot 10^{-3}$ ;
- поверхностное натяжение,  $36,02 \text{ мДж/м}^2$ ;

Определение краевого угла смачивания производилось на стальных образцах шероховатости, шлифованных плоских, ГОСТ 9378-93 с параметрами шероховатости поверхности Ra от 1,600 до 0,0125 мкм. Климатические условия в лаборатории: относительная влажность воздуха  $60 \pm 5 \%$ , температура воздуха  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ .

При контакте жидкости с поверхностью идеально гладкого твёрдого тела нет различия в механизме достижения равновесия – будет ли оно достигнуто при натекании жидкости на поверхность, или при её отекании. Для реальных тел с шероховатой поверхностью, на которой возможны загрязнения или адсорбционные плёнки, значение угла смачивания зависит от предыстории достижения равновесия [3].

Растекание капли по поверхности прекратится при достижении равновесия, которое без учета сил тяжести может быть описано уравнением Юнга:

$$\sigma_1 = \sigma_{12} + \sigma_2 \cos \theta ,$$

где индексы 1, 2– обозначают, соответственно, твёрдую и жидкую фазы

Используя уравнение Юнга рассчитан угол смачивания идеально гладкой стальной поверхности эмульсией замасливателя АВИБ, величина которого составляет  $91,12^\circ$

Значения краевого угла смачивания приведены в табл. 1.

Таблица 1

Значения краевого угла смачивания	
Ra, мкм	Краевой угол смачивания, град.
1,600	116,2
0,800	114,7
0,400	108,06



0,200	101,4
0,100	98,6
0,05	97,9
0,025	97,1
0,0125	96,9

Зависимость величины краевого угла смачивания эмульсии на основе водного раствора препарата АВИБ-Б от параметров шероховатости  $R_a$  стальных образцов представлена на рис. 1.

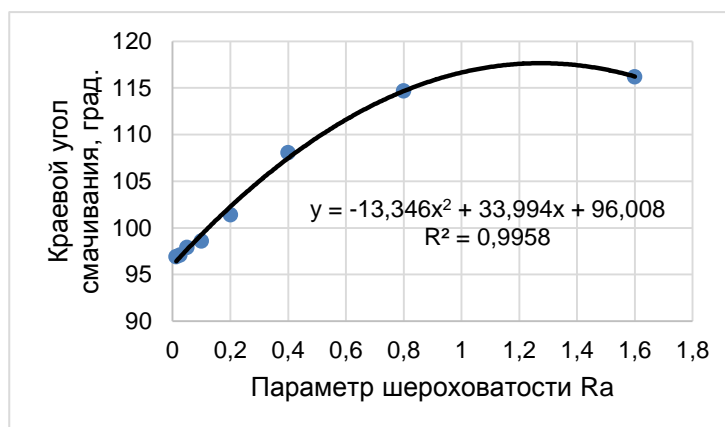


Рис. 1. Зависимость краевого угла смачивания эмульсии от параметров шероховатости  $R_a$  стальных образцов

Очевидно, что прослеживается зависимость, хорошо описываемая теоретическими уравнениями – для достижения лучшего растекания замазливающей эмульсии по поверхности стального диска, необходимо чтобы при данных параметрах шероховатости  $R_a$  этого диска угол смачивания был минимальным. Минимальный краевой угол смачивания равный  $96,9^\circ$  определен экспериментально для образца с параметром шероховатости  $R_a$  равный  $0,0125$  мкм.



#### Выводы:

1. Рассчитан теоретический угол смачивания идеально гладкой стальной поверхности 8%-ой эмульсией замазливателя АВИБ-Б.
2. Измерены краевые углы натекания жидкости на поверхности стальных образцов с различными параметрами шероховатости.
3. Показана достаточно полная корреляция величин полученных экспериментально и расчетных косинусов краевых углов смачивания.
4. Для наиболее равномерного растекания жидкости по поверхности стального диска замазливающего устройства, оптимальна шероховатость с параметром  $R_a$  равным  $0,0125$  мкм.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Шахова Н.В., Усенко В.А., Родионов В.А. Кручение и перемотка химических нитей. М. Высшая школа, 1975. С. 240
2. Прошков А.Ф. Расчет и проектирование машин для производства технических нитей и волокон. Учеб. для вузов. – М.: РИО МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2001 – 497 с.
3. Волков В.А. Коллоидная химия. Учебник для ВУЗов. М., МГТУ., 2001.

УДК 620

### **НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТИ ВОЛОКНИСТЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ ПОВЫШЕНИЕ АДГЕЗИОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ**

#### **NEW TECHNOLOGIES FOR PROCESSING SURFACE OF FIBER FILLERS PROVIDING ADHESION**

В.А. Нелюб  
V.A. Nelyub

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана  
Bauman Moscow State Technical University  
Email: mail@emtc.ru

Приведены результаты исследований свойств углеродных волокон до и после их окисления и обработки коронным разрядом. Показано, что в качестве показателя, определяющего химическую активность углеродного волокна по отношению к матрице, целесообразно использовать количество парамагнитных центров, определяемое методом электронного парамагнитного резонанса. Приведены значения количества парамагнитных центров в углеродных волокнах и в углепластике при различных методах обработки. Приведены результаты структурного анализа углеродных волокон при использовании различных методов обработки.

**Ключевые слова:** углеродные волокна; установка вакуумного напыления; термогравиметрический анализ; ИК-спектр.

The results of studies of the properties of carbon fibers before and after their oxidation and corona treatment are presented. It is shown that, as an index determining the chemical activity of a carbon fiber with respect to a matrix, it is expedient to use the number of paramagnetic centers determined by the electron paramagnetic resonance method. The values of the number of paramagnetic centers in carbon fibers and in carbon plastics under different treatment methods are given. The results of structural analysis of carbon fibers are presented using various processing methods.

**Key words:** carbon fibers; vacuum deposition unit; thermogravimetric analysis; IR spectrum.

Области применения углепластиков при производства конструкционных изделий самого различного назначения с каждым годом расширяются. Это связано с их уникальным комплексом прочностных и теплофизических свойств и с созданием новых технологий формования [1]. В работе [2, с.40] показано, что на поверхности углеродных волокон присутствуют кислородсодержащие функциональные группы различного химического состава и стабильности, которые во многом определяют величину адгезионного взаимодействия пары волокно-матрица.

Целью настоящей работы является повышение прочности углепластиков при межслоевом сдвиге в зависимости от технологии обработки углеродных волокон.

В качестве объектов исследования в работе были использованы отечественные углеродные ленты и эпоксидные связующие и несколько технологий обработки поверхности



углеродных тканей (газофазное окисление и специальная обработка с использованием установки для вакуумного напыления).

В работе приведены результаты термогравиметрического анализа, ИК-спектров и структурного анализа, шероховатости, количества аморфной и кристаллической фазы, количества парамагнитных центров для исходных (необработанных) углеродных волокон, а также после их окисления и обработки в установке для вакуумного напыления.

В работе экспериментально проводили определение количества парамагнитных центров на поверхности углеродного волокна и в углепластике до и после их газофазного окисления. Было сделано предположение, что чем больше количество парамагнитных центров находится на углеродном волокне и чем их меньше остается в углепластике, тем выше будет величина адгезионного взаимодействия. Полученные результаты подтвердили справедливость данного предположения. Установлено, что газофазное окисление приводит к увеличению количества парамагнитных центров, что обеспечивает увеличение прочности при межслоевом сдвиге на 20-25%. Также установлено, что газофазное окисление поверхности углеродных волокон приводит к изменению их шероховатости и доли аморфной фазы на их поверхности, что также позволяет повысить значения прочности углепластиков при межслоевом сдвиге. Рассмотрена методика использования установки вакуумного напыления для обработки поверхности углеродных лент и приведены результаты структурного анализа до и после обработки. Установлено, что данный метод позволяет повысить термостойкость углеродных лент.

В результате проведенных исследований предложен комплекс современных методик и методологический подход к оценке состояния поверхности углеродных волокон и лент, их дефектности и количественные критерии для отбора армирующих углеродных волокнистых наполнителей при создании высокопрочных пластиков.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Баурова Н.И., Зори В.А. Применение полимерных композиционных материалов при производстве и ремонте машин / Учебное пособие. М.: МАДИ. – 264 с.
2. Nelyub V.A. Method for assessing chemical reaction between carbon fibre and epoxide binder // Fibre Chemistry. 2015, 47(1), pp.40-42.

УДК 620

### **МЕТОДИКА ОЦЕНКИ КИНЕТИКИ ПРОЦЕССОВ ПРОПИТЫВАНИЯ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

### **METHODOLOGY OF ESTIMATION THE KINETICS OF PROTECTION PROCESSES IN THE MANUFACTURE POLYMER COMPOSITE MATERIALS**

А.С. Бородулин

A.S. Borodulin

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

Bauman Moscow State Technical University

E-mail: [asb@emtc.ru](mailto:asb@emtc.ru)

В настоящее время все более широкое распространение получают прямые методы формования [1], что связано с их низкой себестоимостью. Их отличительной особенностью является совмещение процесса пропитывания ткани связующим и процесса формования готового изделия. К таким технологиям относятся: пропитка под давлением (Resin Transfer

Molding или RTM) и вакуумная инфузия (Vacuum Infusion или VARTM) [2]. Однако при использовании этих технологий оценка качества получаемых материалов на промежуточных операциях изготовления изделий затруднена. Это требует новых подходов к управлению технологией пропитывания наполнителей различной природы и геометрических размеров.

Целью настоящей работы является экспериментальное исследование кинетики процессов пропитывания в режимах смачивания и растекания.

Кинетику пропитывания непрерывных волокон различными жидкостями изучали на специально спроектированной установке, которая позволяла оценивать скорость пропитывания в режиме реального времени в зависимости от величины давления, степени наполнения и свойств используемого связующего и волокна [3].

В качестве объектов исследования в работе использовались: среднепрочные углеродные волокна в виде жгутов и лент марок ВМН-4, ЛУ-3, ЛУП-01, Элур-0,08П (в исходном состоянии и после обработки 50% азотной кислотой при 98°C в течение 0,25÷6 ч), высокопрочное углеродное волокно AS-4 фирмы Сайтек (США), арамидное волокно Армос, стеклоткань Т11. В качестве рабочих жидкостей использовали дибутилфталат, диоктилсебацат, глицерин и эпоксидные связующие марок Этал-Инжект-SL/M, ЭДТ-69Н, ЭНФБ.

Экспериментально были установлены зависимости времени пропитывания от длины пропитанной части волоконного образца. Используя уравнение Уошборна, эти зависимости строились в координатах «длина пропитанного образца- квадратный корень от времени пропитывания». Коэффициент пропитывания, равный тангенсу угла наклона этой прямой, является функцией 4-х переменных: плотности жидкости, эффективного радиуса капилляра, динамическому углу натекания и вязкости жидкости. В отсутствие внешнего давления в системе волокно пропитывается под действием капиллярной силы. При повышении давления до величины  $P_1$  скорость пропитывания скачкообразно уменьшается, что соответствует углу смачивания  $90^\circ$ , и вертикальной форме мениска. При дальнейшем увеличении давления до  $P_2$  обнаруживается второй (критический) излом, когда угол смачивания  $\Theta_2 = 180^\circ$ . В результате проведенных исследований установлено, что для каждой пары волокно-связующее существует критическое давление, при котором происходит изменение кинетики процессов пропитывания и имеет место образование граничного слоя, что существенно замедляет пропитку. Если при динамическом смачивании углеродных волокон простой жидкостью, например, глицерином, образуется один граничный слой, то при смачивании их связующим образуются два слоя. В работе приведены экспериментальные данные, из которых следует, что для оптимальной скорости смачивания преформы эпоксидным связующим величина внешнего давления должна быть больше  $P_2^*$ , при котором граничные слои (и внешний, и внутренний) разрушаются.

В работе экспериментально исследовалось влияние на процессы пропитывания такой характеристики волокна, как удельная поверхность. В работе введена новая характеристика волокон – ретикуляции поверхностной плотности, которая рассчитывается как отношение удельной поверхности к геометрической. Установлено, что по этой величине все исследованные волокна располагаются в следующий ряд в порядке возрастания: Армос < ВМН-4 < ЛУ-3 < AS-4 < Элур-0,08П. Значение ретикуляции поверхностной плотности для Армос составляет 1,1, для Элур-0,08П 17,6. Из полученных результатов следует, что максимальное структурирующее действие на жидкость оказывают волокна с минимальной удельной поверхностью, т.е. идеально гладкие.

В результате всех проведенных исследований показано, что смыкание граничных слоев оказывает резкое отрицательное влияние на процесс пропитывания, для всех исследуемых волокон и связующих определены оптимальные значения давлений.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Нелюб В.А. Характеристики межфазных слоев полимерных композиционных материалов // Клеи. Герметики. Технологии. 2013. №6. С.23-25.
2. Татарников О.В., Малышева Г.В., Ахметова Э.Ш., Морозов Б.Б. Конечно-элементное моделирование теплового режима автоклавного отверждения трехслойной панели // Клеи. Герметики. Технологии. 2015. №8. С.32-35.
3. Нелюб В.А., Бородулин А.С., Кобец Л.П., Малышева Г.В. Исследование механизма структурообразования связующего в зависимости от микроструктуры поверхности волокна // Клеи. Герметики. Технологии. 2016. №2. С.19-23.

УДК 620.

## ТЕХНОЛОГИИ ПРОШИВКИ УГЛЕРОДНЫХ ТКАНЕЙ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ПРЕФОРМ

### TECHNOLOGIES OF PURIFICATION OF CARBON TISSUES AT THE MANUFACTURE OF PREFORMS

И.А. Буянов  
I.A. Buyanov

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана  
Bauman Moscow State Technical University  
Email: ivan.buyanov@emtc.ru

**Приведены результаты моделирования напряженно-деформированного состояния углепластиков, изготовленных с использованием аксиальных тканей. В работе использованы два типа моделей прошивного стежка. Приведены результаты оценки кинетики процесса растворения вспомогательной ткани, используемой для изготовления гибридных преформ и данные структурного анализа, позволяющие оценить качество прошивки и полноту удаления вспомогательной ткани.**

**Ключевые слова:** аксиальная ткань; преформа; прошивка; вспомогательная ткань.

**There are the results of modeling the stress-strain state of carbon plastics produced using axial fabrics are presented. Two types of sewing stitches are used in the work. The results of estimating the kinetics of the dissolution process of auxiliary tissue used for the manufacture of hybrid preforms and data of structural analysis allowing to estimate the quality of the firmware and the completeness of the excision of the auxiliary tissue are given.**

**Key words:** axial fabric; preform; firmware; auxiliary fabric.

Области применения полимерных композиционных материалов постоянно расширяются и большое распространение получили полимерные композиты, в которых в качестве армирующего материала используется ткань [1, с. 120-180]. Для удобства формования, вместо обычных тканей используют аксиальные ткани и преформы. Преимуществами аксиальной тканей являются лучшие (по сравнению с обычными тканями) характеристики драпируемости и детали, изготовленные из полимерных композиционных материалов на основе этих тканей имеют более высокие механические свойства [2, с. 24]. Основным недостатком аксиальных тканей является их малый ассортимент и поэтому производителям изделий из полимерных композитов приходится прошивать имеющиеся в их распоряжении обычные ткани.

Целью настоящей работы является совершенствование технологии прошивки углеродных тканей и преформ.

Работа состояла из теоретической и экспериментальной частей. Первоначально сделали теоретическую часть, в которой моделировали напряженно-деформированное

состояние углепластика и определяли величины деформаций в зависимости от диаметра прошивной нити, ее прочности и шага прошивки. Все расчеты проводились для четырех пакетов, состоящих из 5, 10, 16 и 100 слоев углеродной ткани, пропитанной эпоксидным связующим. Для проведения расчетов были разработаны две модели. В первом расчетном случае прошивочная нить моделировалась в виде вертикальных цилиндрических элементов. Во втором расчетном случае моделировалась прошивочная нить с учетом ее связи с верхним и нижним слоем ткани. Второй расчетный случай более точно коррелирует с реальной схемой прошивки. Однако разница в расчетах между этими схемами не более 5%. В результате проведенных исследований установлено, что деформации при растяжении с увеличением количества слоев снижаются, в деформации при сдвиге, наоборот, увеличиваются. При увеличении диаметра прошивной нити и шага между строчками имеет место очень незначительное увеличение деформации.

При изготовлении аксиальных тканей в работе использовался специальный органический материал, основное назначение которого – защитить от повреждений углеродную ткань в процессе ее прошивки. В работе экспериментально исследовалась кинетика процесса растворения в зависимости от размеров ткани и температуры воды. Установлено, что увеличение размеров ткани приводит к очень незначительному увеличению продолжительности растворения. Ткань размером 100x200 мм полностью растворяется в воде при комнатной температуре без осадка в течение 63 секунд. Время полного растворения вспомогательной ткани зависит от места ее расположения в пакете. Если вспомогательная ткань располагается сверху, то время на ее полное растворение не превышает нескольких мин. Если же вспомогательная ткань располагается внутри гибридной преформы, то для ее удаления требуется существенно больше времени. Повышение температуры с +22°C до +35°C приводит к уменьшению времени растворения.

Далее в работе изучалась кинетика процесса пропитывания. Для этой цели был изготовлен специальный стенд, основным элементом которого является измерительная ячейка, в которую мы помещали ткань. Максимальное количество слоев ткани составляло 25 шт. Для оценки скорости пропитывания использовался капилляр, который установлен перед измерительной ячейкой. Измерения начинали с того момента времени, когда связующее входило в ячейку и заканчивали в момент его выхода. В результате проведенных исследований установлено, что прошивка изменяет скорость пропитывания. Если прошивка выполнена вдоль волокон, то скорость немного повышается, если поперек, то она, наоборот, замедляется.

В результате проведенных экспериментальных и теоретических исследований установлено, что прошивка оказывает очень незначительное влияние на деформационно-прочностные характеристики композита. Проведенные результаты расчетов жесткости композита с вертикальной прошивкой показали, что (по сравнению с непрошитым композитом) жесткость на сдвиг меняется незначительно. Шаг между строчками и диаметр используемой прошивной нити так же не оказывают существенного влияния. Установлено, что прошивку углеродных тканей между собой целесообразно проводить через подложку, функцию которой выполняет вспомогательная ткань (водорастворимый флизилин). После завершения процесса прошивки вспомогательная ткань подлежит удалению. Время полного растворения вспомогательной ткани зависит от места ее расположения в пакете.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Баурова Н.И., Зори В.А. Применение полимерных композиционных материалов при производстве и ремонте машин / Учебное пособие. М.: МАДИ. – 264 с.
2. Буянов И.А., Малышева Г.В. Методика оценки качества прошивки при изготовлении аксиальных углеродных тканей // Все материалы. Энциклопедический справочник. 2017. №3. С.24-27.

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СВОЙСТВ АППАРАТНОЙ ПРЯЖИ ИЗ РЕГЕНЕРИРОВАННОЙ АНГОРСКОЙ ШЕРСТИ

### THE PROPERTIES PREDICTION OF REGENETATED ANGORA HARDWARE YARN

Н.С. Скуланова, А.А. Михайлова, В.В. Малиновский  
N.S. Sculanova, A.A. Mikhailova, V.V. Malinovsky

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

Рассмотрены вопросы регенерации отходов с применением ангорской шерсти. Разработаны технологические потоки регенерации отходов ангорской шерсти с использованием аналитического метода прочностных свойств. Определены жесткость компонентов, коэффициент скольжения, прочностные характеристики.

Ключевые слова: прогнозирование свойств; аппаратная пряжа; регенерированные волокна; ангорская шерсть; прочностные характеристики.

The industrial waste regeneration of angora wool issues were considered. The technological flows of industrial waste regeneration of angora wool using analytical method of strength properties were designed. Component stiffness, slip coefficient and strength characteristics were defined.

Keywords: properties prediction; hardware yarn; regenerated fiber; angora wool; strength characteristics.

В мировой практике ангорская козья шерсть перерабатывается в основном в смеси с тонкой мериносовой шерстью, полиакрилонитрильными волокнами, полиамидными волокнами, хлопком. Процент вложения ангорской козьей шерсти 15-40% и используется в аппаратном и камвольном прядении для получения эффекта ворсистости.

Технология производства шерстяной пряжи с вложением регенерированной ангорской шерсти по аппаратной системе прядения включает следующие переходы: трепание на трепальной машине АРТ-120 Ш1; расщипывание на щипальной машине ЩЗ-140-ШЗ; смешивание на смесовой машине С-12ШЗ; чесание на чесальном аппарате СР-643; прядение на прядельной машине ПБ-114Ш1.

При получении пряжи возникает значительное количество отходов, которые могут достигать до 40% - лоскут, лом ровничный, крутые концы, очес. Высокая стоимость волокна и большое количество отходов требуют современной технологии их переработки. В нашей работе разволокнение отходов проведено на машине ЩМШЛ-1, при оптимизации параметров: скорости питающего транспортера и скорости главного барабана.

Таблица 1

Таблица уровней варьирования факторов

Кодированное значение уровня факторов	-1	0	+1	Интервал варьирования факторов, Δ
Фактор $x_1$ - скорость главного барабана	520	620	720	100
Фактор $x_2$ – скорость питающего транспортера	1,8	2,2	2,6	0,4

После разволокнение лоскута, ровничного лома, крутых концов на машине ЩМШЛ-1 было получено волокно длиной 63 мм, с прочностью 22,6 сН, удлинением 19,1%, которое соответствует 50<sup>к</sup> качеству ангорской шерсти.

С использованием аналитического метода проектирования прочности пряжи, разработанного проф. В.П. Щербаковым[1,2,3,4,5], проведены расчеты для разработки технологии и аналитического проектирования прочностных характеристик чистошерстяной аппаратной пряжи линейной плотностью 140 текс и с круткой 350 кр/м, из регенерированных волокон ангорской шерсти. Состав смеси: регенерированное ангорское шерстяное волокно 50<sup>к</sup> – 70%, капроновое волокно – 10%, шерсть помесная 64<sup>к</sup>Ш длины, сорная – 20%. Для расчета определены следующие параметры:

Жесткость одного волокна:

$$E_1 F_1 = \frac{P_B}{\varepsilon_B} = \frac{22,6}{0,191} = 118,3 \text{ сН}$$

$$E_2 F_2 = \frac{P_B}{\varepsilon_B} = \frac{12,7}{0,242} = 52,4 \text{ сН}$$

$$E_3 F_3 = \frac{P_B}{\varepsilon_B} = \frac{6,9}{0,222} = 31,1 \text{ сН}$$

Где  $P_B$  - прочность волокна,  $\varepsilon_B$  - деформация волокна.

Средняя линейная плотность волокон в смеси:

$$\bar{T} = \frac{1}{\sum_1^n \frac{\beta_i}{T_i}} = \frac{1}{\frac{0,7}{1,5} + \frac{0,1}{0,4} + \frac{0,2}{0,52}} = 0,91 \text{ текс}$$

Где  $\beta_i$  - доля i-го компонента смеси,  $T_i$  - линейная плотность волокна.

Минимальная линейная плотность:

$$T_{\min} = \bar{T} - 3\sigma = 140 - 3 \cdot 9,5 = 111,44 \text{ текс}$$

Где  $\sigma$  - квадратическая неровнота по линейной плотности

Наибольшее усилие возникает в наиболее жестком компоненте, далее рассматриваем наиболее жесткое волокно, в нашем случае это регенерированное ангорское шерстяное волокно 50<sup>к</sup>

Длина участка скольжения волокон:

$$l_c = \sqrt{\frac{\frac{d_B Q}{2}}{2\mu(1 - \cos^2 \beta)}} = \sqrt{\frac{0,021 \frac{11,44}{2}}{2 \cdot 0,1 \cdot (1 - \cos^2(0,58))}} = 1,41$$

Где  $d_B$  - диаметр волокна,  $Q$  - длина волны миграции,  $\mu$  - коэффициент трения между волокнами.

Длина волокна, воспринимающая и передающая нагрузку

$$l = \bar{l}_B - 2 \cdot l_c = 63 - 2 \cdot 1,41 = 60,17$$

Где  $\bar{l}_B$  - средняя длина волокна.

Коэффициент скольжения:

$$k_c = 1 - \frac{2}{3 \cdot \bar{l}_B} \cdot \sqrt{\frac{\frac{d_B \cdot Q}{2}}{2 \cdot \mu \cdot (1 - \cos^2 \beta)}} = 1 - \frac{2}{3 \cdot 63} \cdot \sqrt{\frac{0,021 \cdot 11,44/2}{2 \cdot 0,1 \cdot (1 - \cos^2(0,58))}} = 0,99$$

Средняя прочность волокон наиболее жесткого компонента в зависимости от длины волокна:

$$\bar{p}_e(l) = p_w \left(\frac{l_0}{l}\right)^{\frac{1}{\alpha}} \Gamma\left(1 + \frac{1}{\alpha}\right) = 20,1 \left(\frac{10}{60,17}\right)^{\frac{1}{4,569}} \Gamma\left(1 + \frac{1}{4,569}\right) = 13,93 \text{ сН}$$

Прочность одиночной пряжи:

$$P_* = \bar{p}_e(l) * m_i * \sum e_i * k * k_c * \langle \cos \vartheta \rangle = 13,93 \cdot 72 \cdot 1 \cdot 0,61 \cdot 0,99 \cdot 0,92 = 557,23 \text{ сН}$$

Выводы:

1. Разработана технология регенерации отходов с вложением ангорской шерсти, определены оптимальные параметры регенерации на машине ЩМШЛ-1.
2. С использованием аналитического метода проектирования прочности пряжи, разработанного проф. В.П. Щербаковым, проведены расчеты и аналитическое проектирование прочностных характеристик чистошерстяной аппаратной пряжи линейной плотностью 140 текс и с круткой 350 кр/м, из регенерированных волокон ангорской шерсти.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Скуланова Н.С., Попова Е.Р. и др. «Аналитическое проектирование прочности камвольной пряжи линейной плотностью 19-42 текс.» // Хим. Волокна. 2015. №6 – С. 83-86.
2. Щербаков В.П., Скуланова Н.С. Аналитические методы проектирования нити и пряжи. – М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2007. – 73с.
3. Скуланова Н.С., Попова Е.Р. и др. «Аналитический расчет прочности скрученной камвольной пряжи.» // Хим. Волокна. 2016. №1 – С. 55-57.
4. Скуланова Н.С., Попова Е.Р., Ю.П. Колесников «Теоретический расчет прочности аппаратной пряжи с оптимальным вложением в смеси полиамидных волокон» // Хим. Волокна 2011. №2 – С 23-25
5. Скуланова Н.С., Ю.П. Колесников, Е.Р. Попова «Проектирование прочностных свойств пряжи с использованием полиакрилонитрильных волокон» // Хим. Волокна 2011. №2 – С 26-28

УДК 677.494.675.4+616-74

### ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФОРМАЦИОННО-ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ АНТИМИКРОБНЫХ ХИРУРГИЧЕСКИХ ПОЛИКАПРОАМИДНЫХ НИТЕЙ

### INVESTIGATION OF THE MECHANICAL PROPERTIES OF ANTIMICROBIAL SURGICAL POLYCAPROAMAMIDE THREADS

О.А. Москалюк, Т.Ю. Анущенко, В.А. Жуковский, Е.С. Цобкалло  
O.A. Moskalyuk, T.Yu. Anuschenko, V.A. Zhukovsky, E.S. Tsobkallo

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий  
и дизайна

St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design  
E-mail: olga-moskalyuk@mail.ru, atu0106@ya.ru, rdd.lintex@gmail.com,  
tsobkallo@mail.ru

Изучены деформационно-прочностные свойства антимикробных хирургических поликапроамидных нитей. Показано, что выбранный метод модификации и радиационной стерилизации поликапроамидных нитей приводит к определенным изменениям их деформационно-прочностных свойств. При этом происходит снижение прочности и жесткости в среднем на 25% и повышению эластичности на 18%, что не препятствует использованию данных нитей в качестве шовного материала.

Ключевые слова: хирургические нити; поликапроамид; полифиламент; антимикробные свойства; мирамистин; деформационно-прочностные свойства.

**The mechanical properties of antimicrobial surgical polycaproamide threads were studied. It is shown, that the chosen method of modification and radiation sterilization of polycaproamide threads leads to certain changes in their deformation-strength properties. At the same time, the strength and stiffness are reduced by an average of 25% and an increase in elasticity by 18%, which does not prevent the use of these threads as a suture.**

**Key words: surgical threads; polycaproamide; polyfilament; antimicrobial properties; miramistin; mechanical properties.**

## **Введение**

При создании современных хирургических шовных материалов одной из важнейших задач является разработка нитей, обладающих той или иной биологической активностью. В зависимости от метода введения биологически активные препараты могут быть либо зафиксированы на нити химическими связями, либо закреплены на нем в виде труднорастворимых индивидуальных веществ, наносимых с помощью полимерных покрытий или низкомолекулярных посредников. При этом способ присоединения, предопределяющий прочность связи нити с активным веществом, выбирается с учетом особенностей проявления их биологического действия. Поверхностная активация полимеров биоактивными соединениями открывает широкие возможности для создания принципиально новых материалов медицинского назначения. На данный момент рынок биологически активных шовных материалов представлен в основном антимикробными нитями [1-7].

## **Материалы и методы исследования**

Одним из наиболее привлекательных полимеров для создания хирургических шовных материалов является поликапроамид (ПКА), основные преимущества которого заключаются в низкой стоимости и легкой стерилизации. К сожалению, его реакционноспособность недостаточна для его модификации биологически активными соединениями [8]. Поэтому в данной работе для придания ПКА антимикробных свойств была проведена предварительная модификация полимера. Для получения ПКА нитей с катионообменными свойствами использовали метод привитой полимеризации метакриловой кислоты (МАК) к ПКА нити, инициированной окислительно-восстановительной системой (ОВС): персульфат калия – тиосульфат натрия ( $K_2S_2O_8 - Na_2S_2O_3$ ). Прививка МАК в количестве 10% проводилась в течение 40 мин при температуре 40 °С. Затем осуществляли присоединение антисептика (мирамистина) путем хемосорбции из водного раствора ионообменными ПКА нитями, карбоксильные группы которых находились в солевой ( $Na^+$ ) форме. Перевод нитей в солевую форму осуществлялся обработкой их 0,05N раствором гидроксида натрия в течение 40 минут при комнатной температуре и тщательной отмывкой водой до нейтральной реакции. По выбранному режиму из 0,2% водного раствора мирамистина за 4 часа на нить сорбируется порядка 9-10% препарата от ее массы.

Все изделия, соприкасающиеся с раневой поверхностью, контактирующие с кровью согласно ГОСТ Р ИСО 17665-1-2016 должны подвергаться стерилизации. Одним из наиболее перспективных методов стерилизации медицинской продукции является радиационный способ - облучение пучком ускоренных электронов. Бактерицидное действие ионизирующего излучения заключается в процессах радиолиза и деструкции, протекающих в микроорганизмах, которое усиливается окислительным воздействием озона, образующегося при облучении из кислорода воздуха [5, 9].

Проведение всех вышеуказанных операций (модификация биологически активными соединениями, стерилизация хирургических нитей) может оказывать влияние на физико-механические свойства шовного материала. Поэтому целью данной работы было исследование деформационно-прочностных свойств модифицированных ПКА нитей подвергнутых стерилизации ускоренными электронами.

Характеристика объектов исследования представлена в табл. 1.



## Характеристика объектов исследования

№ п/п	Нить	Линейная плотность, Текс
1	Нить поликапроамидная плетеная USP 3/0 – исходная, нестерильная	56
2	Нить поликапроамидная плетеная USP 3/0 –стерильная (стерилизация ускоренными электронами)	53
3	Нить поликапроамидная плетеная USP 3/0 с привитой метакриловой кислотой (СОЕ=0,9 ммоль/г), нестерильная	68
4	Нить поликапроамидная плетеная USP 3/0 с привитой метакриловой кислотой (СОЕ=0,9 ммоль/г) и мирамистином, нестерильная	72
5	Нить поликапроамидная плетеная USP 3/0 с привитой метакриловой кислотой (СОЕ=0,9 ммоль/г) и мирамистином, стерильная (стерилизация ускоренными электронами)	73

Исследования механических свойств ПКА нитей проводились с помощью универсальной установки Instron-1122, производства Instron (Великобритания). Скорость растяжения образцов составляла 50 мм/мин, а базовая длина образцов –  $l_0=200$  мм. На основе полученных диаграмм растяжения определялись следующие механические характеристики: прочность ( $\sigma_p$ , МПа), удлинение при разрыве ( $\epsilon_p$ , %), начальный модуль жесткости ( $E_0$ , ГПа).

#### Результаты эксперимента и их обсуждение

Диаграммы растяжения исследуемых ПКА нитей представлены на рис. 1. Они характеризуются наличием трех областей деформирования, присущим некоторым аморфно-кристаллическим полимерам. В первой области происходит распрямление проходных цепей в аморфных областях, что приводит к снижению текущего модуля жесткости. Вторая область характеризуется интенсивным ростом числа нагруженных проходных цепей и связана с возрастанием начального модуля жесткости нити. Показано [10], что в этих двух областях конформационные переходы в макромолекулах ПКА происходят по поворотнo-изомерному механизму. В третьей области, соответствующей заключительному падению текущего модуля жесткости, наблюдается начало деструкционных процессов в полимере за счет образования молекулярных разрывов [11].

Сравнение основных деформационно-прочностных характеристик исследуемых ПКА нитей представлены на рис. 1-4.

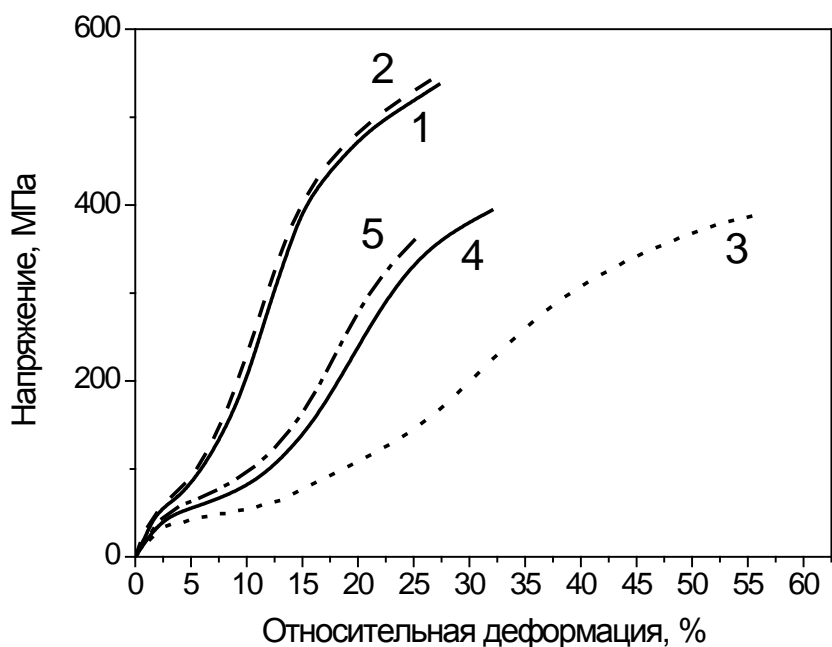


Рис.1. Диаграммы растяжения хирургических ПКА нитей (номера образцов соответствуют представленным в таблице 1)

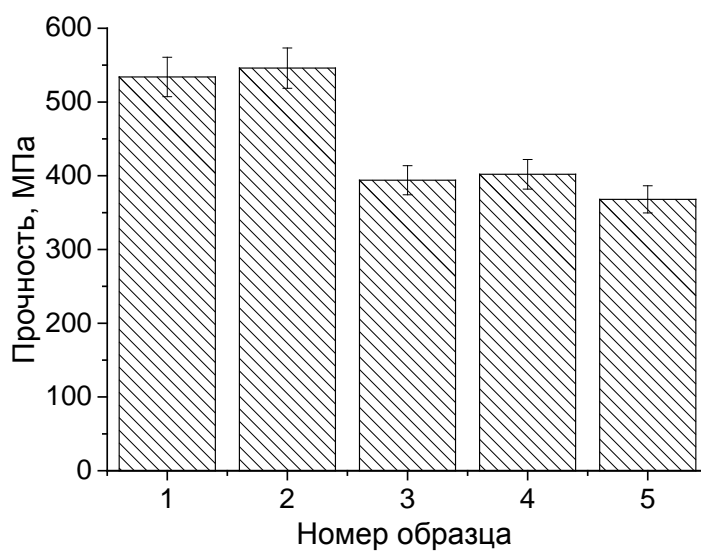


Рис. 2. Изменение прочности образцов ПКА нитей (номера образцов соответствуют представленным в таблице 1)

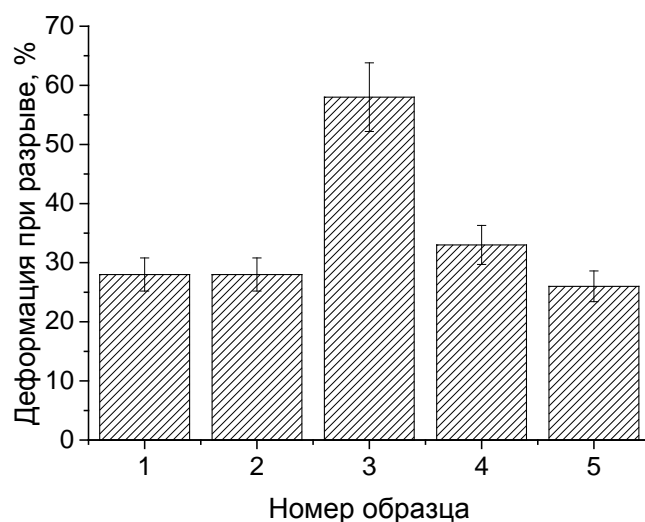


Рис.3. Изменение относительного удлинения образцов ПКА нитей при разрыве (номера образцов соответствуют представленным в таблице 1)

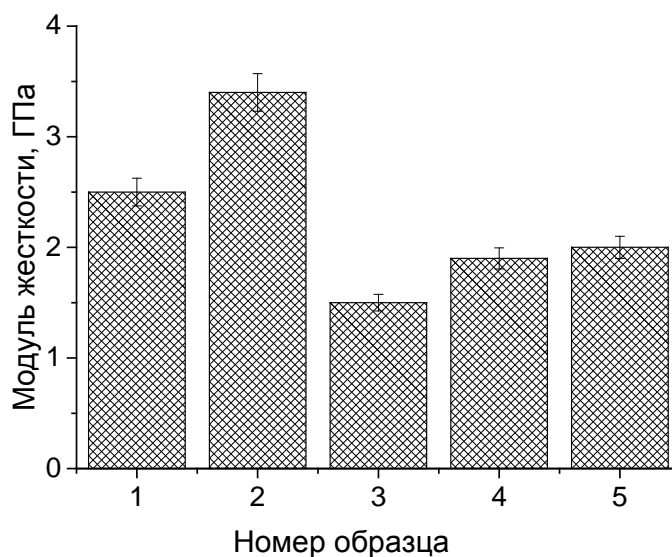


Рис.4 Изменение начального модуля жесткости образцов ПКА нитей (номера образцов соответствуют представленным в таблице 1)

Как видно, на рис. 1-4 характер диаграмм растяжения не меняется. Стерилизация ускоренными электронами исходной ПКА нити (обр.1) не приводит к явным изменениям ее деформационно-прочностных свойств (обр. 2). Прочность исходной и стерилизованной плетеной ПКА нити составляет около 540 МПа, а деформация при разрыве – 28%. Разброс значений  $\sigma_p$  и  $\varepsilon_p$  для каждого образца укладывается в области погрешности измерений. Жесткость нити при этом увеличивается на 36% и составляет 3,4 ГПа. В процессе модификация ПКА нити путем прививки метакриловой кислоты происходит существенное изменение ее физико-механических свойств (рис. 1-4). Прочность и жесткость нити снижаются на 26 и 40% по сравнению с исходной нитью, а удлинение модифицированной МАК нити (обр. 3) возрастает практически в 2 раза и составляет 58%. Такой эффект вероятно объясняется двумя факторами. Во-первых, из-за присутствия на поверхности и в массе полимера полярных карбоксильных групп, количество водородных связей соответственно увеличивается, что приводит к изменению надмолекулярной структуры ПКА. Второе – молекулы сорбированной воды выступают в роли пластификатора («спейсера»), повышая подвижность макромолекул полимера [12-15].

мирамистином (обр. 4) остается на уровне ПКА с привитой МАК (обр. 3) и составляет 402 МПа, что на 25% ниже, чем для исходной ПКА нити. При модификации привитой ПКА нити мирамистином происходит повышение жесткости и снижение ее эластичности, но при этом их значения остаются ниже, чем для исходной ПКА нити и составляют 1,9 ГПа и 36% соответственно. Стерилизация антимикробной ПКА нити как и в случае с исходной нитью не вызывает существенных изменений ее механических свойств, за исключением прочности, которая снижается на 8% и составляет 368 МПа. При этом полученные деформационно-прочностные характеристики ПКА нитей с антимикробными свойствами остаются вполне достаточными для использования их в качестве шовного материала [2].

### **Выводы**

-исследованы деформационно-прочностные свойства хирургических антимикробных поликапроамидных нитей в режиме одноосного растяжения;

-показано, что выбранный метод радиационной стерилизации (облучением ускоренными электронами) поликапроамидных нитей как исходных, так и модифицированных не приводит к явным изменениям их деформационно-прочностных свойств;

-модификация поликапроамидного плетеного шовного материала мирамистином путем сорбции на предварительно активированные нити методом привитой полимеризации МАК приводит к снижению ее прочности и жесткости в среднем на 25% и повышению эластичности на 18%. Однако их деформационно-прочностные свойства достаточны для использования полученных нитей в качестве шовного материала.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Бонцевич, Д. Н. Хирургический шовный материал [Текст] /Д.Н. Бонцевич // Проблемы здоровья и экологии. 2005. №3 (5). С. 46-51.
2. Егиев, В.Н. Шовный материал (лекция) [Текст]/ В.Н. Егиев // Хирургия. 1998. - №3. – С. 33-38.
3. Мохов, Е.М. Биологически активные хирургические шовные материалы (обзор литературы) [Текст] / Е.М. Мохов, А.В. Жеребченко // Верхневолжский медицинский журнал. 2012. - №10 (4). С. 21-28.
4. Кильдеева, Н.Р. Новый подход к созданию материалов с контролируемым выделением лекарственного вещества [Текст] / Н.Р. Кильдеева, Г.А. Вихорева, Е.П. Агеев, М.А. Голуб, Л.С. Гальбрайт, Е.А. Меркович // Вестн. Моск. ун-та сер. 2, Химия. 2000. Т.41. №6. С. 423-425.
5. Жуковский, В.А. Проблемы и перспективы разработки и производства хирургических шовных материалов [Текст] / В.А. Жуковский // Химические волокна. 2008. №3. С. 31-38.
6. Жуковский, В.А. Биоактивный хирургический шов [Текст] // Журнал экспериментальных исследований. 2003. Т. 3. № 1. С. 42–45.
7. Жуковский, В.А. Новые направления и возможности совершенствования полимерных имплантатов для реконструктивно-восстановительной хирургии [Текст] / В.А. Жуковский // Сборник трудов II-ой международной конференции «Современные технологии и возможности реконструктивно-восстановительной и эстетической хирургии», Москва, 19–20 октября 2010. С. 90–93.
8. Тагер, А.А. Физико-химия полимеров [Текст] / А.А. Тагер. - Издание 4-е, переработанное и дополненное - М.: Научный мир, 2007. 547с.
9. Хасанова, З.З. Кулькова М. Актуальные проблемы нормативно-правового регулирования деятельности по обращению изделий медицинского назначения [Текст] / З.З. Хасанова, М. Кулькова // Вестник Росздравнадзора. 2008. №4. С. 61–64.
10. Пахомов, П.М. Интерпретация кривой растяжения ориентированных полимеров [Текст] / П.М. Пахомов, М.В. Шаблыгин, Е.С. Цобкалло, А.С. Чеголя // Высокомолекулярные соединения. 1986. Т.28А. №3. С. 558-563.

11. Сталевич, А.М. Спектральное моделирование вязкоупругих свойств синтетических нитей [Текст] / А.М. Сталевич // Известия ВУЗов. Технология легкой промышленности. 1988. Т.2. С. 43-47.
12. Киба, А.А. Изучение реакции привитой полимеризации поликапроамида и винилацетата [Текст] / А.А. Киба, О.В. Стеценко, Е.А. Перепалова, Г.М. Бутов // Сб. трудов конф. «Современные наукоемкие технологии». 2014. №7. С. 103.
13. Стеценко, О.В. Изучение сорбционной активности привитых сополимеров на основе поликапроамида [Текст] / О.В. Стеценко, Е.А. Перепалова, Г.М. Бутов // Сб. трудов конф. «Современные наукоемкие технологии». 2013. №9. С. 84.
14. Акентьева, Т.Н. Химическая модификация хирургического шовного материала с целью профилактики артериальных тромбозов [Текст] / Т.Н. Акентьева, С.В. Лузгарев, Т.В. Глушкова, Ю.А. Кудрявцева // Вестник Кемеровского государственного университета. 2014. № 4 (60) Т. 3. С. 228-232.
15. Князюк, А.С. Антибактериальные свойства нового шовного биологически активного хирургического шовного материала [Текст] / А.С. Князюк, Н.И. Шевченко, Д.Н. Бонцевич // Проблемы здоровья и экологии. 2014. С. 96-100.

УДК 66.0

## **ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПРИРОДНЫХ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ КАК КОМПОНЕНТОВ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ МЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

### **POSSIBILITY OF APPLICATION OF NATURAL BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES, AS COMPONENTS OF POLYMERIC MATERIALS FOR MEDICAL PURPOSES**

М.А. Куринова  
M.A. Kurinova

Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина  
(Технологии. Дизайн. Искусство) (Россия, Москва)  
A.N.Kosygin Russian state university (Technology. Design. Art) (Russia, Moscow)  
E-mail: Kma240190@mail.ru

Одним из типов материалов, перспективных для применения в изделиях медицинского назначения, являются материалы, содержащие иммобилизованные биологически активные вещества. Иммобилизация БАВ в структуре полимерного материала повышает эффективность его применения благодаря расширению спектра действия. Наряду с синтетическими и полусинтетическими БАВ всё большее внимание привлекают БАВ природного происхождения. Выявление возможности применения новых БАВ этого типа позволит расширить ассортимент перевязочных материалов. В работе исследована возможность применения компонентов, экстрагируемых из бересты (бетулин) и коры одного из видов тропических деревьев *Croton lechleri* (Sangre de Drago).

Ключевые слова: иммобилизация; биологически активные вещества; реология; полимерные пленочные и волокнистые материалы.

One of the types of materials that are promising for use in medical devices are materials containing immobilized biologically active substances. Immobilization of BAS in the structure of the polymer material increases the efficiency of its use due to the expansion of the spectrum of action. Along with synthetic and semisynthetic BASs, more and more attention is attracted to BAS from a natural origin. The identification of the possibility of using new BASs of this type will expand the range of dressings. In work we investigated the possibility of using birch bark extract (betulin) and Sangre de Drago.

Key words: immobilization; biologically active substances; rheology, polymeric film and fibrous materials.

Наряду с субмикроволокнистыми материалами из индивидуальных полимеров для изготовления изделий медицинского назначения применяют композиции на основе смесей полимеров, каждый из компонентов которых выполняет определенные функции – придания биологической активности, регулирования физико-механических свойств, гигроскопичности и т.д. С этой точки зрения представляет интерес введение в состав формовочного раствора полимеров таких БАВ как бетулин и Sangre de Drago (SdD), обладающих разнообразной выраженной биологической активностью.

Как известно, одной из важнейших характеристик, определяющих успешность формования волокон из растворов полимеров, является их вязкость. В работе исследовано влияние состава формовочных растворов ПВС, а также смесей этого полимера с бетулином и Sangre de Drago (SdD) [1; 2] на их реологические характеристики.

Использованный для получения композиции 10%-ный раствор ПВС, не содержащий БАВ, характеризуется низкой вязкостью. Введение каждого вида БАВ приводит к повышению вязкости, гораздо более значительному в случае растворов, содержащих SdD.

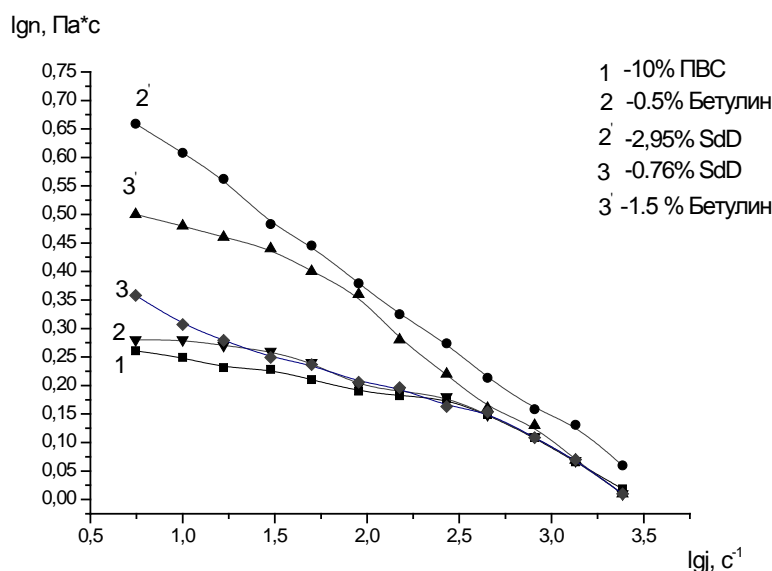


Рис. 1 – Кривые течения растворов ПВС, содержащих в своем составе бетулин и SdD.

Изучение реологических свойств растворов ПВС и его смесей с БАВ показало (рис. 1), что это неньютоновские жидкости, вязкость которых монотонно снижается при увеличении градиента скорости сдвига, в отличие от раствора ПВС, для которого имеется интервал градиентов скорости, где раствор ведет себя как ньютоновская жидкость. Было показано, что выдерживание растворов ПВС, содержащих SdD, приводит к дальнейшему росту вязкости.

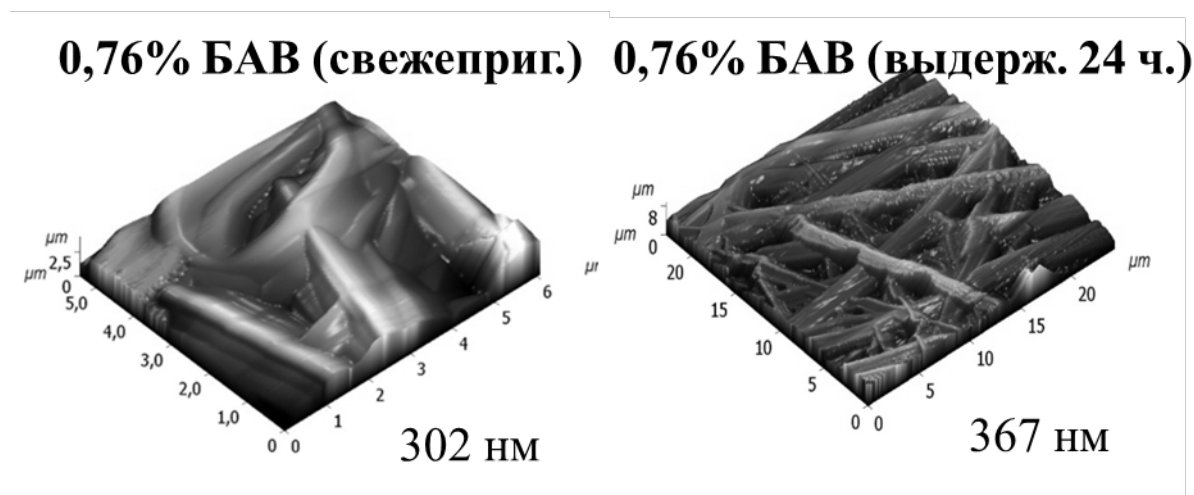
С целью получения нановолокнистого материала был исследован процесс электроформования из растворов ПВС и композиций на его основе<sup>\*</sup>, содержащих биологически активные компоненты.

Было показано, что при применении растворов, содержащих SdD, при значениях напряжении 24.4 – 38.6 кВ и изменения концентрации БАВ в исследованном интервале обеспечивается устойчивый процесс формования НВМ. Параметры процесса ЭФ указаны в таблице 1. В отличие от этих растворов при применении растворов ПВС, содержащих бетулин, в формовочной камере не происходит формирование струй, имеет место распыление раствора.

Параметры процесса электроформования

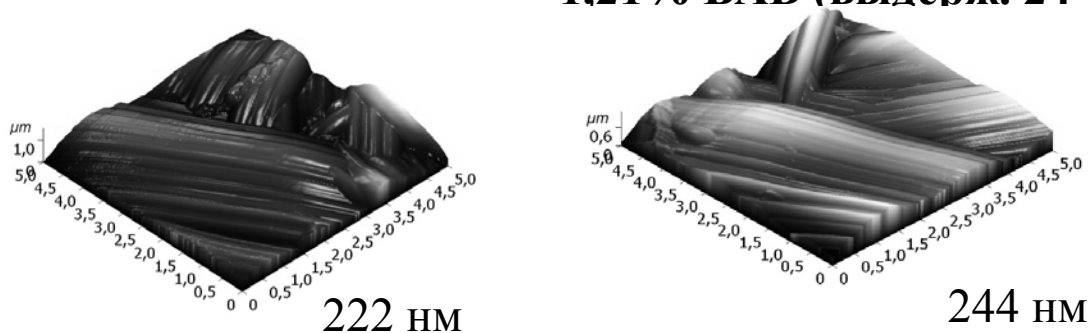
№	С <sub>пвс</sub> , %	С <sub>доб.</sub> , %	Напряжение, кВ	Расстояние между формовочными электродами, мм
1	10	-	28,6-32,6	18
2		2,95	38,4- 40,1	
4		1,21	29,2- 38,6	
5		0,76	25,7 – 34, 2	

При исследовании методом АСМ\* была показана зависимость структуры НВМ от состава и продолжительности подготовки растворов к формованию (рис. 2).



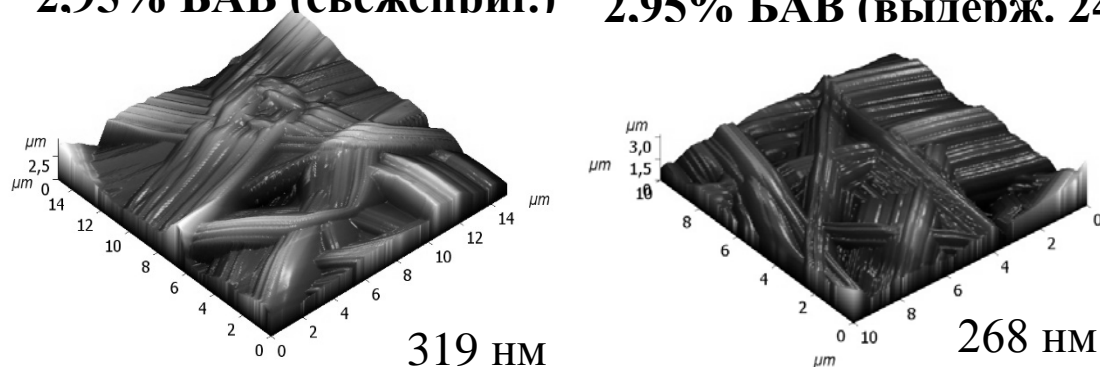
(А)

**1.21% БАВ (свежеприг.)    1.21% БАВ (выдерж. 24 ч.)**



(Б)

## 2.95% БАВ (свежеприг.)    2.95% БАВ (выдерж. 24 ч.)



(В)

Рис. 2 – АСМ-микрофотографии нановолокнистых ПВХ материалов, содержащих БАВ, %: 0,76 (А), 1,21 (Б) и 2,95.

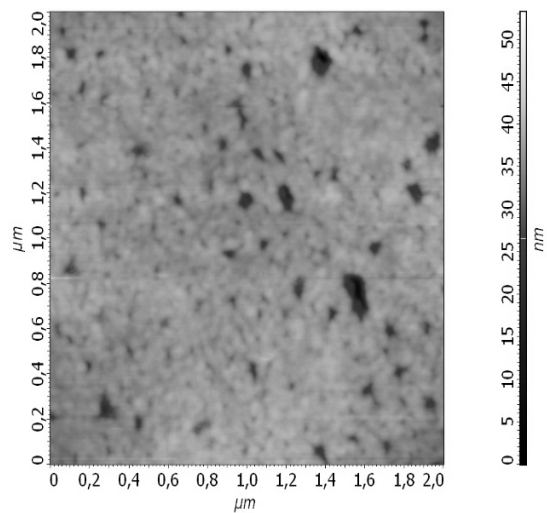
Очевидно, что выдерживание формовочных растворов в течение 24 часов, несмотря на изменения вязкости, не приводит к заметным изменениям диаметра сформованных волокон. При этом определенное влияние на эту характеристику оказывает содержание введенного БАВ: если диаметр волокон, сформованных из растворов с содержанием БАВ 0,76 и 2,95%, мало отличается от сформованного из раствора ПВХ, то при содержании 1,21% диаметр волокон оказался значительно меньшим. Это свидетельствует о влиянии состава растворов на их структуру и, как следствие, на структуру НВМ.

Поскольку в качестве раневых покрытий могут быть использованы пленочные материалы, было осуществлено формование пленок из растворов ПВХ и композиций на его основе. Пленки характеризуются макроскопически гладкой поверхностью, при более детальном рассмотрении которой отмечается множество мелких точек, напоминающих булавочные уколы, что говорит о неоднородности структуры пленки.

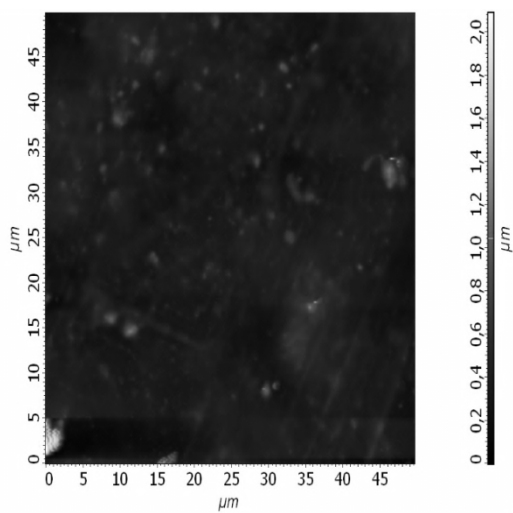
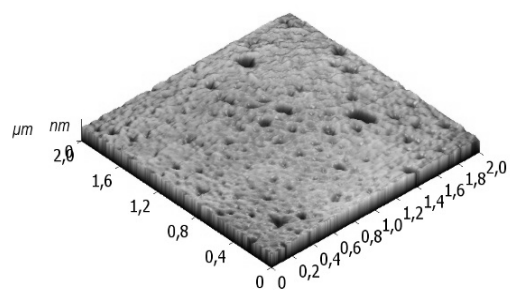
При исследовании методом атомно-силовой микроскопии структуры, формирующейся при испарении растворителя с поверхности раствора, была установлена зависимость структуры поверхности пленок от состава раствора: ПВХ (рис. 3А), растворов ПВХ, содержащих SdD (рис. 3Б) и бетулин (рис. 3В). Для пленки, сформованной из системы ПВХ:SdD, характерно формирование структуры с поверхностью типа «скомканной бумаги». Такой рельеф создается складчатыми образованиями более или менее однородной ширины, длины и высоты.

Введение БАВ приводит к формированию сравнительно крупных элементов структуры, например, введение бетулина 0,3% приводит к формированию значительно большего и равномерного распределения элементов структуры поверхности по сравнению с введением SdD.

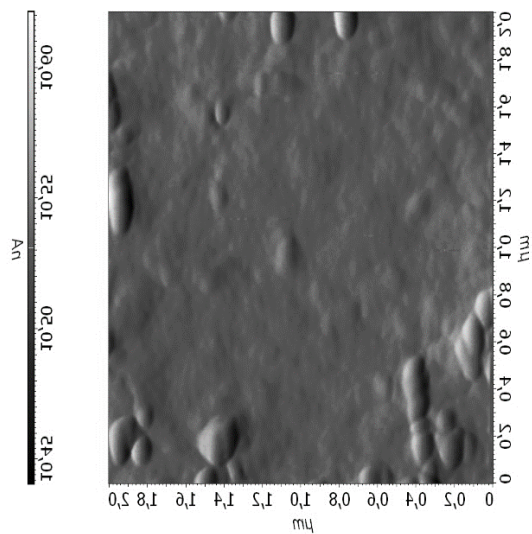
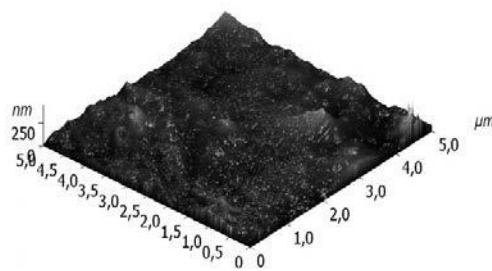




(A)



(Б)



(B)

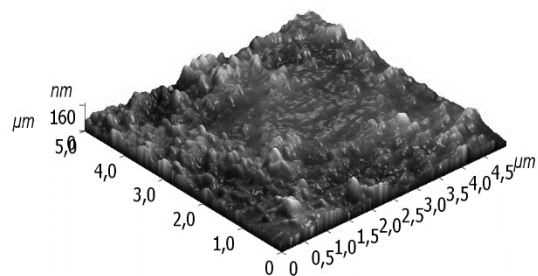


Рис. 3 АСМ-микрофотографии пленок ПВХ (А), ПВХ: SdD(Б) и ПВХ:Бетулин (В)

Таким образом, путем изменения состава композиции, используемой для формования волокнистых и пленочных материалов с потенциальной биологической активностью, можно регулировать характер их поверхности.

<sup>\*</sup>) Электроформование и АС-микроскопия проведены с использованием оборудования Центра коллективного пользования РГУ им.А.Н.Косыгина

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Выделение бетулина из бересты и изучение его физико-химических и фармакологических свойств / Кузнецова С. А., Скворцова Г. П., Маляр Ю. Н., Скурыдина Е. С., Веселова О. Ф. // Химия растительного сырья.- 2013.- №2.- С. 93-100.
2. Gupta D., Breakley B., Rajinder K. Dragon's blood: Botany, chemistry and therapeutic uses. Journal of ethnopharmacology. – 2007. - P. 361-381.

УДК 677.077.65:62

### **РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ УЗОРЧАТОЙ РАСЦВЕТКИ ДЕКОРАТИВНЫХ ТКАНЕЙ С ОДНОВРЕМЕННЫМ ПРИДАНИЕМ ИМ КОМПЛЕКСА ЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ**

#### **RESOURCE-SAVING PIGMENT PRINTING DECORATIVE TEXTILE MATERIALS WITH SIMULTANEOUS ATTACHING COMPLEX PROTECTIVE PROPERTIES**

С.А. Давыдов, В.А. Епишкина  
S.A. Davydov, V.A. Epishkina

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна  
Saint-Petersburg State University of industrial technologies and design  
E-mail: doda\_s@mail.ru; veraalep@mail.ru.

В работе изучена возможность создания устойчивых пигментных печатных композиций и оптимальной технологии узорчатой расцветки для получения на целлюлозосодержащих текстильных материалах декоративного назначения высококачественных грунтовых рисунков с одновременным приданием им гидрофобных и огнезащитных свойств.

Ключевые слова: ресурсосбережение; пигментная печать; одностадийный процесс; огнезащита; гидрофобность; акриловые полимеры; целлюлоза; декоративный текстиль.

In this study, we propose a new complex composition for pigment printing decorative textile materials to simultaneously impart high-quality coloristic, hydrophobic and flame retardant properties.

Keywords: resource-saving; pigment printing; one-stage process; flame retardant; hydrophobic; acrylic polymers; cellulose; decorative textile materials.

Среди всех текстильных материалов особое место занимают декоративные изделия - салфетки, занавеси, скатерти, обивка салонов автомобилей и самолетов. Такой ассортимент текстильных материалов пользуется повышенным спросом и должен обладать специальными свойствами, в том числе огнезащитными, гидрофобными и грязеотталкивающими.

Декоративные материалы указанного назначения должны быть соответствующим образом художественно-колористически оформлены. Для выпуска данного ассортимента текстильной продукции целесообразно использовать совмещенные процессы колорирования и заключительной отделки. Прогрессивная технология пигментной печати, являющаяся наиболее экологически адаптированной, позволяет не только создавать качественные рисунки на текстильных материалах, но и придавать им различные функциональные

свойства за счет использования современных пленкообразующих препаратов отечественного производства [1].

При создании одностадийного процесса пигментной печати и комплексной заключительной отделки важен выбор загущающих, связующих и других ТВВ, обеспечивающих оптимальные реологические, коллоидно-химические свойства печатной композиции и сообщающие необходимые защитные и колористические эффекты при минимальном их воздействии на изменение грифа напечатанного материала.

В работе использовались целлюзосодержащие текстильные материалы с низкими значениями поверхностной плотности (120-180 г/м<sup>2</sup>), придание которым вышеуказанных защитных свойств в процессах химической отделки бывает проблематично.

Целью работы является изучение возможности сообщения хлопчатобумажным материалам декоративного назначения комплекса защитных свойств с одновременным художественно-колористическим оформлением при максимальном сохранении гигиенических свойств и мягкости грифа текстильного материала. Достижение поставленной цели осуществляется за счет использования в печатной композиции разработанной комплексной загущающей системы из двух полимеров, один из которых является отечественным акриловым сополимером средней степени карбоксилирования, а другой представляет собой высокомолекулярное соединение искусственной природы.

Загустители оказывают существенное влияние на реологические свойства печатных составов, четкость и интенсивность окрасок получаемых отпечатков. Важность выбора оптимального загустителя в процессе пигментной печати заключается в том, что он оказывает воздействие на жесткость напечатанной ткани из-за отсутствия операции промывки.

При оценке эффективности применения изученных в работе загущающих систем на показатели качества пигментных печатных красок и напечатанных текстильных материалов установлено, что применение разработанной комплексной загустки (состав 3 – таблица 1) обеспечивает печатным композициям оптимальные реологические свойства и способствует формированию на целлюлозном субстрате пленок с высокими адгезионными свойствами.

Таблица 1

Влияние загущающих систем на показатели качества печати

Вид загущающей системы	Показатели качества печатной краски			Показатели качества печати	
	Вязкость покоя, Па*с	Степень тиксотропного восстановления структуры, %	Показатель структурированности	Сухое/мокрое трение, баллы	Устойчивость к стирке, баллы
1. Фердикер ВОА	15.25	65.00	46.51	3/2	4/4/5
2. КМЦ (3% водный раствор)	29.20	92.54	9.89	5/3	5/5/5
3. Комплексная загустка (МН-10:КМЦ (1:3.5-4))	20.15	89.45	14.95	5/4	5/5/5

При этом, жесткость напечатанных х/б тканей с использованием вышеуказанных загущающих систем повышается в следующей последовательности – Фердикер ВОА < Комплексная загустка < КМЦ.

Разработанная загущающая система позволяет повысить прочностные характеристики напечатанных тканей к сухому/мокрому трению и стирке до 5/4 и 5/5/5 баллов, соответственно, при сохранении достаточно высоких колористических показателей и четкости контуров рисунков, характерных для всех изученных загущающих систем [2].

При изучении влияния введения современных фторкарбонных гидрофобизаторов (отечественного препарата Фоборит Р и импортного аналога Flurotex FO/53) в пигментные печатные составы на основе исследуемых загущающих систем установлено отсутствие существенных изменений реологических показателей полученных композиций (степень тиксотропного восстановления сохраняется на уровне 89-90%, а показатель структурированности составляет 10-20 единиц, динамическая устойчивость системы (ДУС) остается на уровне 4-8 единиц). При этом выявлено, что применение выбранных гидрофобизаторов для всех загущающих систем приводит к снижению жесткости отпечатков, однако, для загущающих составов 1 и 2 отмечается ухудшение прочностных характеристик окрасок напечатанных тканей, в частности, устойчивость к сухому/мокрому трению снижается до 2/2 балла (состав 1) и 4/3 балла (состав 2). В то же время введение отечественного гидрофобизатора в комплексную загустку (состав 3) не вызывает изменения данных показателей – они остаются на уровне 5/4 балла, а импортный препарат приводит к их снижению до 4/3 балла.

Эффективность использования препарата Фоборит Р обеспечивает снижение показателя водопоглощения напечатанных тканей с использованием разработанной комплексной загустки в 3.3 раза.

В работе исследовано влияние введения наиболее эффективных и экологически безопасных фосфор-азотсодержащих замедлителей горения в пигментные краски, содержащие изучаемые загущающие системы. В качестве антипиренов использовался отечественный препарат Тезагран и запатентованный ранее синергетический состав [3]. Экспериментально установлено, что оба антипирена не вызывают разрушения печатных красок на основе изучаемых загущающих систем. При использовании комплексной загустки и синергетической смеси антипиренов наблюдается снижение показателя вязкости, что приводит к лучшему проникновению печатного состава в структуру волокнистого субстрата и повышению показателей прочности окрасок полученных отпечатков [4].

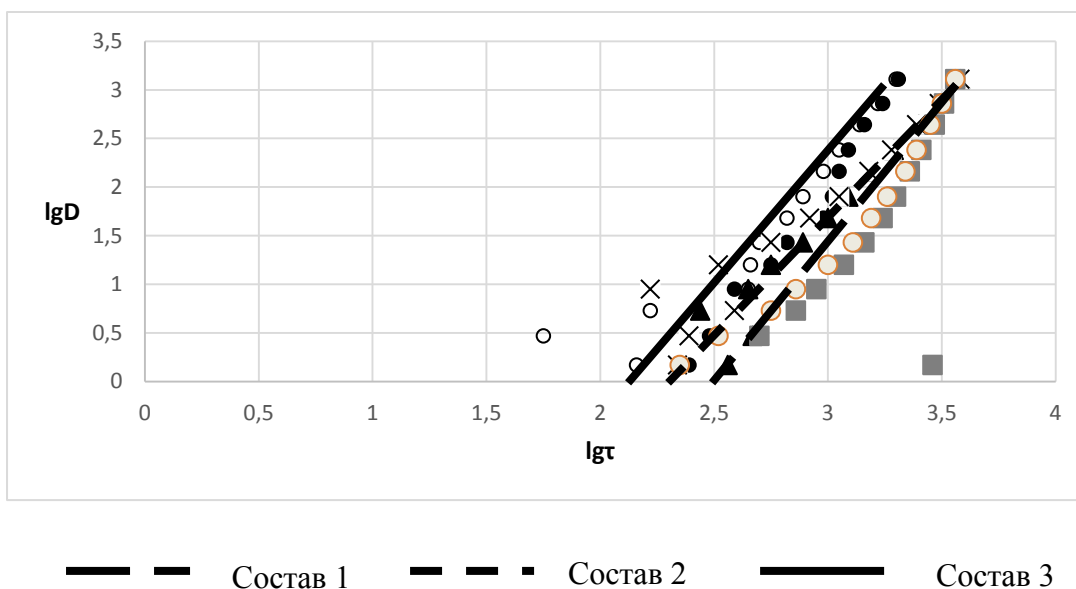


Рис. 1 Характер вязкого течения исследуемых составов

Хлопчатобумажная ткань, напечатанная пигментной краской, содержащей в качестве загустителя комплексную систему (состав 3), в качестве замедлителя горения синергетическую смесь и гидрофобизатора – препарат Фоборит Р приобретает достаточно высокий огнезащитный эффект (длина обугленного участка не превышает 4.0 см при отсутствии остаточного горения и тления, что по нормативным показателям (ГОСТ 19297-2003 «Ткани с огнезащитной отделкой») позволяет отнести такой материал к негорючим).

При использовании разработанной пигментной печатной краски с добавлением целевых компонентов не наблюдается снижения колористических показателей рисунков (функция ГКМ) и устойчивости окрасок к различным видам воздействия (сухое/мокрое трение – 5/4 балла; устойчивость к стирке – 5/5/5 баллов; устойчивость к действию химической чистки - 5/5/5 баллов; жесткость напечатанной ткани повышается незначительно по сравнению с исходной).

Методом ИК-спектроскопии и проведением элементного анализа показано, что при использовании разработанного состава концентрация фосфора на напечатанном материале не превышает 2% (Рис.2), что является минимальным и достаточным количеством для создания огнезащитного эффекта, соответствующего нормативным требованиям.

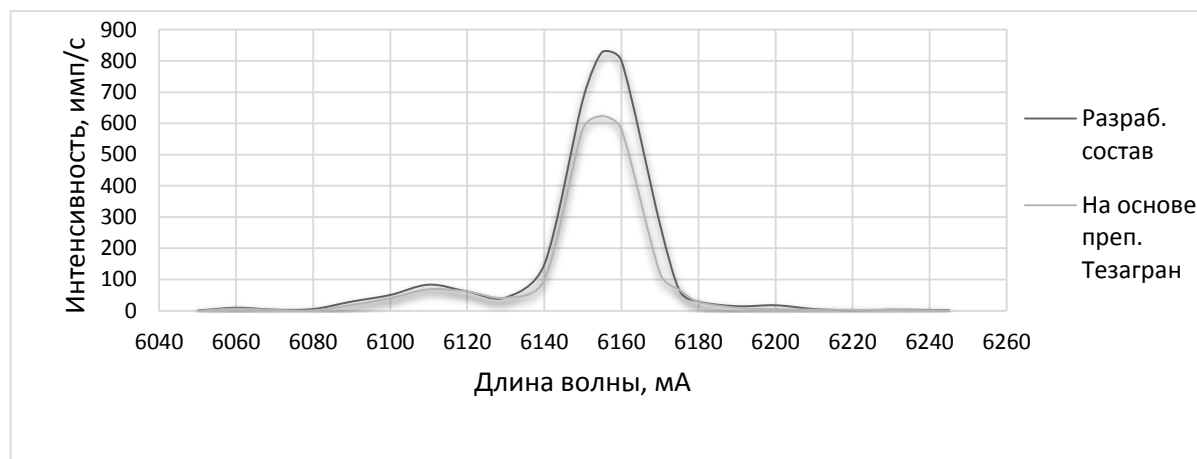


Рис. 2 – Импульс содержания фосфора на поверхности напечатанной х/б ткани

Термогравиметрическими исследованиями подтверждено наличие в композиционном материале (субстрат-красочный состав) развитой системы связей, обеспечивающих прочное закрепление полимерной композиции на материале. Такие ткани могут быть использованы в оформлении интерьеров, для декорирования мягкой мебели и для изготовления изделий бытового назначения.

Таблица 3

Показатели качества печати и комплексной заключительной отделки х/б ткани

Показатели, ед. измерения	Величина показателя	
	Исходная ткань	Напечатанная ткань
Сухое/мокрое трение, баллы	-	5/4
Устойчивости окраски к стирке, баллы	-	5/5/5
Интенсивность отпечатков*, функция ГКМ	-	3.127
Четкость контуров рисунка, мм	-	1.45
Жесткость, мкН*см <sup>2</sup>	23360.80	100900.65
Разрывная нагрузка, Н	230.55	227.51
Воздухопроницаемость, дм <sup>3</sup> /м <sup>2</sup> *с	400.00	55.20
Огнезащитный эффект	полностью сгорает	0
время остаточного горения, с		0
время остаточного тления, с		4.1
длина обугленного участка, см		
Гидрофобность		
водопоглощение, %	238.00	125.00
гигроскопичность, %	56.19	14.30
краевой угол смачивания (θ)	мгновенное	57°
	впитывание капли	

*\*для пигмента зеленого фталоцианинового*

#### Выводы

Выявлена перспективность использования комплексной загущающей системы, содержащей акриловый сополимер и карбоксиметилловый эфир целлюлозы (1:3.5-4) в пигментных печатных композициях.

Разработан эффективный печатный состав, содержащий целевые добавки и обеспечивающий в режиме традиционной одностадийной технологии печатания, получение на целлюлозных текстильных материалах грунтовых рисунков высокого качества с одновременным приданием им огнезащитных и гидрофобных свойств.

В составе пигментной печатной композиции отсутствуют токсичные и вредные химические вещества.

Реализация созданного технологического процесса возможна на стандартном промышленном печатном оборудовании с использованием цилиндрических сетчатых шаблонов.

Предполагаемый экономический эффект от внедрения данной технологии составит 43870.30 руб. на партию ткани (1000 м).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Киселев, А.М. Экотехнологии отделки текстильных материалов: монография / А.М. Киселев, В.А. Епишкина, Р.Н. Целмс, А.А. Буринская. – СПб.: ФГБОУВО «СПГУПТД», 2016. – 327 с.
2. Epishkina, V.A. Role of Acrylic Copolymers in Designing Environmentally Friendly Technologies for Finishing Textile Materials / V.A.Epishkina, R.N. Tselms, A.M.Kiselev // Fibre Chemistry .- 2015. Volume 47, Issue 3. - P.207-214.
3. Патент №2164970 РФ. Состав для комплексной отделки тканей (варианты) / В.А. Епишкина, А.М. Киселев и др., патентообладатель СПГУПТД, опубликован 10.04.2001.
4. Епишкина, В.А. О свойствах и взаимодействии латексных пленок в процессе пигментной печати / В.А. Епишкина, Р.Н. Целмс, Е.С. Цобкалло, А.М. Киселев // Известия ВУЗов. Технология текстильной промышленности. – 2009. - №3. – С.60-63.

УДК 539.37

### ДЕФОРМАЦИЯ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

### DEFORMATION OF POLYMERIC MATERIALS

Н.А. Фролков

N.A. Frolov

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна  
Saint-Petersburg State University of Industrial Technologies and Design  
E-mail: nikola9269@mail.ru

В статье рассматривается влияние свойств полимерных материалов на их деформацию для совершенствования процесса проектирования и производства продукции из полимерных материалов в текстильной и легкой промышленности.

**Ключевые слова:** полимерный материал; свойства материала; деформация.

In article influence of properties of polymeric materials on their deformation for the improvement of the process of design and the manufacturing of products from polymeric materials in the textile and light industry is considered.

**Key words: polymeric material; properties of material; deformation.**

Полимерные материалы обладают свойствами, которые могут влиять на их деформацию. В процессе проектирования и производства продукции из полимерных материалов в текстильной и легкой промышленности может возникать проблема, связанная с недостаточным владением полной информацией о влиянии различных свойств материала на его деформацию.

Для исследования процессов деформации полимерных материалов необходимо обращать внимание на различные структурные и физические характеристики материалов. Механическая анизотропия характеризует физико-механические свойства материалов, которые относятся к ориентированным полимерным материалам по различным направлениям в пространстве.

Признаки ориентированного состояния полимерных материалов проявляются на молекулярном уровне. Если полимерная цепь свернута в клубок и соблюдается статистическая ориентация отдельных элементов, то образец изотропен. Если существует преимущественная ориентация элементов молекулярных цепей, то образец является анизотропным. Под ориентированным состоянием полимеров принято понимать состояние, в котором имеется выраженная одноосная ориентация полимерных цепей [1, 2].

Высокая эластичность полимерных материалов объясняется физическими свойствами цепных молекул. Возможность внутреннего вращения вокруг единичных связей приводит к гибкости и легкой сворачиваемости полимерных цепей. Гибкость сильнее выражается, когда тепловое движение является достаточно интенсивным. В стеклообразном состоянии деформация связана с изменением средних расстояний между атомами и валентных углов полимерной цепи. В высокоэластическом состоянии полимерного материала деформация связана с ориентацией и перемещением звеньев гибкой цепи без изменения среднего расстояния между соседними атомами [3-5].

При физической интерпретации наблюдаемых механических свойств полимерных материалов существенную роль играют общепринятые структурные двухфазные модели, представляющие чередование кристаллических и аморфных областей. По моделям надмолекулярного строения ориентированных полимеров можно сказать, что соотношения между напряжением и деформацией имеют температурно-временной характер. Корреляции между механическими свойствами и структурными свойствами полимерных материалов говорят в пользу представлений о существенной роли межмолекулярных, межатомных взаимодействий в полимерном материале [5-7].

Для исследования и моделирования физико-механических свойств полимерных материалов большое значение имеют наблюдения различных форм поперечного сечения материалов, выявление важной роли аморфной составляющей структуры в определении механических свойств материалов, установление активирующего влияния механического воздействия нагрузки на разрыв химических связей в макромолекулах полимерного материала [7-9].

На основании рассмотренных свойств полимерных материалов, которые могут применяться в производстве продукции текстильной и легкой промышленности, можно сказать, что структурно-физическая интерпретация процессов деформации полимерных материалов в зоне разрушающих механических нагрузок развита сильнее, чем в зоне неразрушающих воздействий нагрузки [10].

В процессе деформации полимерных материалов могут проявляться три явления: упругость, вязкоупругость и пластичность [1]. Упругая деформация полимеров происходит вследствие изменения длин химических связей, валентных углов и взаимного положения валентно не связанных атомов, обусловленного ограниченным вращением звеньев цепи друг относительно друга, вокруг связей, не лежащих в плоскости, параллельной оси ориентации, на угол меньший, чем требуется для преодоления потенциального барьера. Вязкоупругая деформация связана с изменением конформаций макромолекул и изменением степени их

асимметрии. Она может сопровождаться перемещением отдельных участков макромолекул с перераспределением межмолекулярных связей [5]. Пластическое деформирование связано с необратимым перемещением больших участков и макромолекул друг относительно друга. При этом происходит диссоциация межмолекулярных связей между функциональными группами элементарных звеньев соседних макромолекул и образование новых связей [7-11].

Процессы деформации полимерных материалов осуществляются под воздействием внешней нагрузки и сопровождаются изменением деформации. Деформационные свойства полимерных материалов зависят от закона и продолжительности действия нагрузки, наличия низкомолекулярных веществ, оказывающих пластифицирующее воздействие, температуры. Механическое поведение полимерных материалов при действии нагрузки и деформировании зависит от их структурных и физических свойств, которые могут изменяться под воздействием различных условий эксплуатации материалов.

В процессе проектирования и производства продукции из полимерных материалов в текстильной и легкой промышленности необходимо обращать внимание на деформационные характеристики полимерных материалов. Для определения деформационных характеристик материалов необходимо учитывать их свойства. С помощью развития феноменологического, реологического моделирования процессов деформации полимерных материалов можно совершенствовать процесс перехода с качественно ясной структурной картины на физически обоснованную реологическую модель, которая одновременно аналитически описывает различные деформационные явления, с целью повышения эффективности математического моделирования и прогнозирования процессов деформации полимерных материалов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Аскадский А.А. Деформация полимеров. М.: Химия, 1973. 448 с.
2. Аскадский А.А., Матвеев Ю.И. Химическое строение и физические свойства полимеров. М.: Химия, 1983. 248 с.
3. Бартенев Г.М., Зеленов Ю.В. Курс физики полимеров. М.: Химия, 1976. 288 с.
4. Бартенев Г.М., Френкель С.Я. Физика полимеров. Л.: Химия, 1990. 432 с.
5. Бирштейн Т.М., Птицын О.Б. Конформации макромолекул. М.: Наука, 1964. 391 с.
6. Марихин В.А. Надмолекулярная структура полимеров. Л.: Химия, 1977. 240 с.
7. Перепелкин К.Е. Структура и свойства волокон. М.: Химия, 1985. 208 с.
8. Годовский Ю.К. Теплофизика полимеров. М.: Химия, 1982. 280 с.
9. Гольберг И.И. Механическое поведение полимерных материалов. М.: Химия, 1970. 192 с.
10. Бартенев Г.М. Прочность и механизм разрушения полимеров. М.: Химия, 1984. 280 с.
11. Колтунов М.А. Ползучесть и релаксация. М.: Высшая школа, 1976. 277 с.



**ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ СВОЙСТВ ШЕРСТЯНЫХ МАТЕРИАЛОВ В ПРОЦЕССАХ КОЛОРИРОВАНИЯ В ПРИСУТСТВИИ СВОБОДНОРАДИКАЛЬНЫХ ИНТЕНСИФИКАТОРОВ**

**PECULIARITIES OF CHANGING THE PROPERTIES OF WOOLEN MATERIALS IN THE PROCESSES OF COLORATION IN THE PRESENCE OF FREE RADICAL INTENSIFICATORS**

А.Н. Аитова, А.А. Буринская  
A. N. Aitova, A.A. Burinskaia

Санкт – Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна  
Saint-Petersburg State University of Industrial Technologies and Design, Russia  
E-mail: alya190990@mail.ru; burinska\_sag\_al@mail.ru

Изучены сорбционные, кинетические и диффузионные характеристики низкотемпературного крашения шерсти кислотными красителями; предложен комплексный механизм интенсифицирующего действия окислительно-восстановительных систем на процессы колорирования шерстяных материалов и проведена оценка влияния редокс-систем на структуру шерстяного волокна.

**Ключевые слова:** шерсть; редокс-система; аминокислота; свойства; кинетика; фиксация.

The sorption, kinetic and diffusion characteristics of low-temperature dyeing of wool by acid dyes have been studied. A complex mechanism of the intensifying effect of oxidation-reduction systems on the processes of coloring woolen materials is proposed. The effect of redox systems on the wool fiber structure was evaluated.

**Key words:** wool; redox- system; amino acid; properties, kinetic; fixation.

Одним из инновационных путей решения вопроса по совершенствованию технологии колорирования текстильных материалов является использование окислительно-восстановительных (редокс) систем в качестве интенсификаторов как в процессах предварительной обработки субстрата, так и при непосредственном их введении в красильные растворы и печатные краски.

Цель данной работы состояла в исследовании влияния нескольких видов окислительно-восстановительных систем и аминокислот на процессы колорирования шерстяных текстильных материалов. В качестве окислителя использован персульфат аммония, в качестве восстановителей – тиомочевина, глицерин, этиленгликоль, виннокислый Na, и выбраны следующие аминокислоты: лизин; α-аланин; L-глутаминовая кислота; L-гистидин; L-аргинин солянокислый; L-аспарагин; L-цистеин.

В работах [1,2] описано формирование свободных радикалов в присутствии редокс-систем на волокне шерсти и красителе с закреплением красителя на субстрате при их взаимодействии не только за счет основных ионных (солевых), но и, вероятно, ковалентных связей (схема 1).

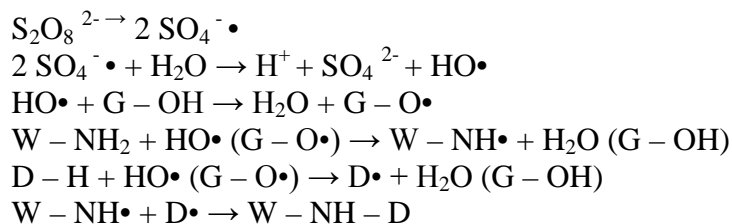
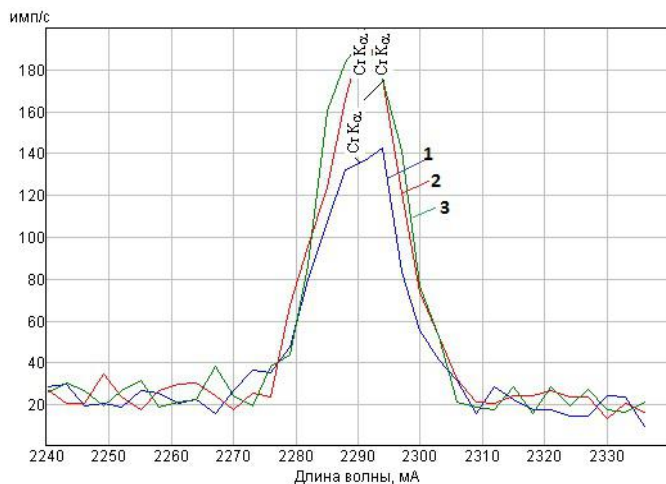


Схема 1 – Реакция разложения персульфата аммония и его участие в образовании ковалентной связи между красителем и шерстяным субстратом

Проведено исследование процесса печатания шерстяной ткани кислотным металлокомплексным красителем (Вофалан красный GGL) в присутствии ряда редокс-систем и аминокислоты гистидин [3]. В качестве восстановителей использовались глюкоза, глицерин, этиленгликоль. Интенсивность окраски характеризовали функцией Гуревича-Кубелки-Мунка (K/S) и количеством атомов хрома на волокне, определенном на спектроскане «МАКС GV» (рис.1, табл.1).



Наилучшие показатели качества достигнуты при совместном использовании гистидина и редокс-системы АПС-глицерин при непосредственном их введении в печатные составы, при этом интенсивность окраски (K/S) увеличилась на 15 %; жесткость отпечатков снизилась в среднем в 5 раз по сравнению с традиционной рецептурой; снизилась усадка (за счет частичного разрушения чешуйчатого слоя) и повысилась

устойчивость окраски образцов к мокрым обработкам.

Рис. 1 - Спектры характеристического излучения образцов, напечатанных красителем КМК 1:2 Вофалан GGL: 1 – Базовая рецептура; 2 – АПС-глицерин (предварит.), в краску гистидин; 3 – АПС – глицерин, гистидин в печатной краске

Таблица 1

Количественное содержание атомов хрома на шерстяной ткани, напечатанной красителем КМК 1:2 Вофалан красный GGL

№	Показатель K/S	I, имп/сек	Содержание Cr, мг/г ткани
1	9,89	141	0,22
2	11,84	190	0,36
3	11,52	150	0,28
4	12,53	162	0,24
5	15,68	190	0,43

1 – базовая рецептура; 2 – АПС – глицерин; 3 – АПС – глюкоза; 4 – АПС – этиленгликоль, гистидин; 5 – АПС-глицерин, гистидин.

Представленные данные свидетельствуют о значительном повышении сорбции красителя в присутствии исследуемых интенсификаторов.

Для получения более объективных данных об интенсифицирующем действии редокс-систем и аминокислот проводилось крашение несколькими марками кислотных красителей шерстяного субстрата: шерстяная ткань (арт.11175), шерстяное волокно в виде ровницы (1,33 г/см<sup>3</sup>), шерстяная пряжа (155 текс).

Для выбора оптимальных концентраций редокс-систем их содержание варьировали в диапазоне 0,005-0,1 моль/л. Было установлено, что наиболее интенсивные окраски на шерстяном материале получены при использовании всех исследуемых редокс-систем при соотношении окислитель - восстановитель – 1:3 в концентрации (0,01+0,03) моль/л. В табл. 2 представлены значения функции Гуревича-Кубелки-Мунка (ГКМ) для двух красителей и трех редокс-систем.

Таблица 2

Влияние вида редокс-систем на сорбцию кислотных красителей шерстяной тканью

Способ обработки	Концентрация интенсификаторов, моль/л	Функция ГКМ (K/S)	
		Кислотный оранжевый светопрочный	Кислотный ярко-красный 4Ж
Без интенсификатора при температуре кипения	-	11,22	6,98
АПС– тиомочевина при температуре 75 °С	0,01+0,03	20,75	10,65
АПС – глицерин при температуре 75 °С	0,01+0,03	20,75	10,13
АПС– виннокислый Na при температуре 75 °С	0,01+0,03	19,85	8,83

Из данных табл. 2, видно, что введение исследуемых редокс-систем в красильные ванны при низкотемпературном крашении способствует увеличению интенсивности окраски шерстяной ткани в среднем в 1,5 раза по сравнению с традиционным крашением.

Исследована кинетика сорбции кислотных красителей шерстяным волокном в присутствии окислительно-восстановительных систем и аминокислот. Дифференциальным методом Вант Гоффа [4] были рассчитаны порядок реакции и константы скорости процесса крашения шерстяного волокна красителем кислотным ярко-красным 4Ж (Acid Red 1). В табл.3 представлены данные для системы АПС-тиомочевина и L-глутаминовой аминокислоты.

Таблица 3

Константа скорости выбирания кислотного красителя ярко-красного 4Ж шерстяным волокном и порядок реакции

Технология крашения	Порядок реакции	Константа скорости реакции, $K * 10^3, \text{мин}^{-1}$
Традиционная технология крашения при температуре кипения	1,53	1,69
Крашение в присутствии АПС-тиомочевина при 75 °С	1,36	2,16
Крашение в присутствии АПС-тиомочевина и L-глутаминовой аминокислоты при 75 °С	1,59	3,27

Полученные данные свидетельствуют о том, что введение окислительно-восстановительной системы и аминокислоты увеличивает скорость выбирания кислотных красителей шерстяным волокном при 75 °С в 1,3– 2 раза по сравнению с традиционной технологией крашения при температуре кипения, что создает предпосылки для сокращения длительности процесса крашения.

Основное сопротивление диффузии красителей вглубь волокна оказывает чешуйчатый слой (эпикутанула). Неравномерность структуры чешуйчатого слоя является

одной из причин неровноты крашения и глубины прокрашивания шерстяных материалов. В связи с этим проводилось исследование поперечных срезов шерстяного волокна, окрашенного как по традиционной технологии при температуре кипения, так и при 75 °С.

На рис. 2. представлены микрофотографии поперечных срезов шерстяных волокон, окрашенных кислотным ярко-красным 4 Ж красителем, полученных на сравнительном микроскопе Leica FS 4000 (увеличение 200 пикселей).

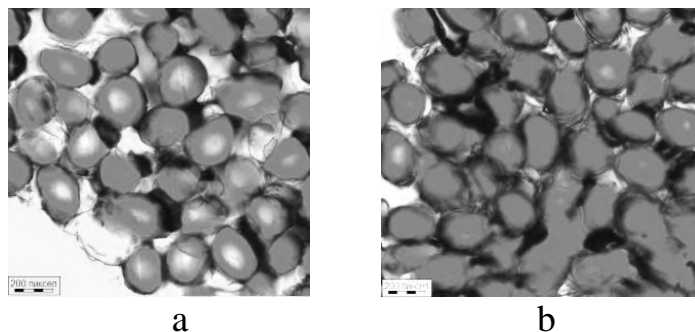


Рис.2. Поперечные срезы шерстяных волокон: а – окрашенных по традиционной технологии при 100 °С; б – окрашенных с использованием редокс-системы АПС-тиомочевина и L-глутаминовой кислоты при 75 °С.

На основании представленных данных установлено, что волокна, окрашенные с использованием окислительно-восстановительной системы и аминокислоты при температуре 75 °С, имеют более глубокое и равномерное прокрашивание, чем волокна, окрашенные по традиционной технологии при температуре кипения. Это является подтверждением повышения диффузии кислотного красителя вглубь полимера при низкотемпературном крашении.

Диффузия красителя вглубь волокна оценивалась также на основании анализа спектральных карт комбинационного рассеяния окрашенных волокон.

Регистрация спектров осуществлялась на спектрометре комбинационного рассеяния с конфокальным микроскопом DXR Raman Microscope, позволяющем сканировать пробу по глубине до 100 мкм с шагом 1 мкм. Спектральный диапазон 3500-200 см<sup>-1</sup>. Перед сканированием одиночных волокон шерсти проводили отбор однородных по диаметру образцов.

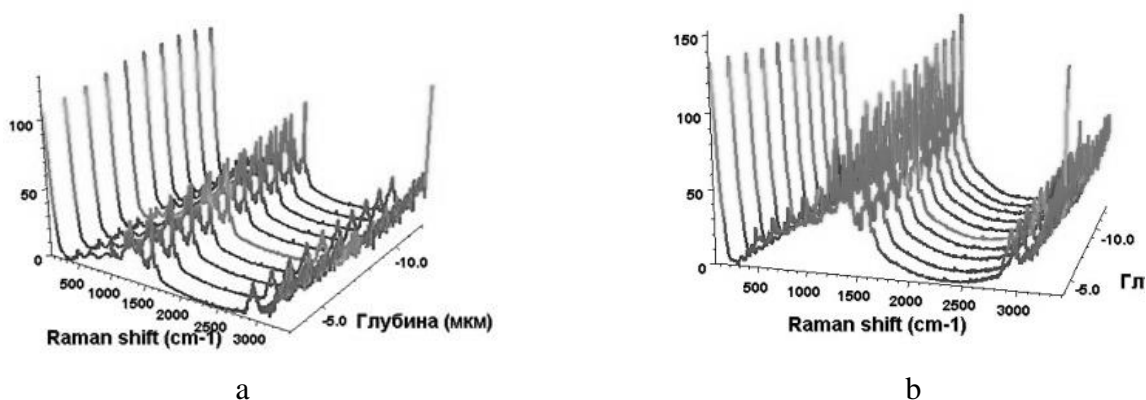


Рис.3. Карты спектров комбинационного рассеяния шерстяных волокон: а – окрашенных по традиционной технологии при 100 °С; б – окрашенных с использованием редокс-системы при 75 °С.

Анализ полученных спектральных карт шерстяных волокон показал, что по интенсивности основных полос поглощения спектры волокон, окрашенных при использовании окислительно-восстановительной системы, выше по всему диапазону сканирования, чем у волокон, окрашенных по традиционной технологии. Это свидетельствует о более равномерной окраске волокон по глубине образца, что согласуется с данными по поперечным срезам.

Существенное влияние на диффузию и сорбцию красителей шерстяным субстратом оказывают его поверхностные свойства. Изучено влияние окислительно-восстановительных систем на сорбцию паров изооктана и воды (табл.4).

Таблица 4

Величины сорбции паров воды и изооктана шерстяным волокном

Наименование образца	Сорбция паров изооктана, см <sup>3</sup> /г	Сорбция паров воды, ммоль/г
Исходный промытый образец	0,051	19,12
Обработанный глутаминовой кислотой при 75 °С	0,058	20,34
Обработанный редокс-системой (АПС-глицерин) и глутаминовой кислотой при 75 °С	0,066	21,08
Окрашенный при 100 °С	0,064	23,14
Окрашенный в присутствии глутаминовой кислоты при 75 °С	0,021	16,13
Окрашенный в присутствии АПС-глицерин +глутаминовая кислота при 75 °С	0,019	17,21

Анализ представленных данных свидетельствует об изменении плотности упаковки элементов пористой структуры шерстяного волокна, окрашенного в присутствии окислительно-восстановительной системы и аминокислоты, так как краситель более полно заполнил объем пор.

На диффузию красителя внутрь волокна и его сорбцию на активных центрах существенное влияние оказывает также величина и знак заряда поверхности волокна, то есть электрокинетические свойства его внешней поверхности [5]. В связи с этим определяли электрокинетический  $\zeta$ -потенциал внешней поверхности образцов шерстяных волокон. Известно, что электрокинетический потенциал, обусловленный наличием двойного электрического слоя, составляет часть потенциального барьера, который должны преодолеть частицы красителя для приближения к поверхности волокнистых материалов на расстояние, необходимое для осуществления процесса крашения.

Таблица 5

Интенсивность окраски и дзета-потенциал образцов шерстяной ровницы

Образец	K/S	- $\zeta^{\circ}$ - потенциал, мВ	Относительная погрешность, %
Исходная неокрашенная ровница	–	151,07	10
Окрашенная по традиционной технологии при 100°С	12,8	38,97	9
Окрашенная в присутствии редокс-системы при 75 °С	15,9	22,36	6
Окрашенная в присутствии редокс-системы и глутаминовой кислоты при 75 °С	17,3	31,21	8

Из данных табл. 5 видно, что  $\zeta$  - потенциал шерстяного волокна, окрашенного в присутствии редокс-систем, меньше (по модулю), по сравнению с исходным образцом и с окрашенным без интенсификаторов. Можно предполагать, что в присутствии окислительно-восстановительных систем краситель легче преодолевает потенциальный барьер при

переходе из жидкой в твердую фазу, что согласуется с данными по сорбции кислотного красителя шерстяным волокном.

Важным показателем качества крашения является степень фиксации красителя на волокне. Фиксация красителя на шерстяном волокне оценивалась по экстракции красителя с волокна 50 % раствором органического растворителя диметилформамида при температуре кипения. Количество связанного с волокном красителя выражено в процентах остаточной глубины цвета после экстракции: для образцов, окрашенных с использованием системы АПС-глицерин и глутаминовой кислоты, степень остаточной фиксации составила около 50,1 %, а для образца, окрашенного по традиционной технологии - 12,5 %, что свидетельствует о возможности образования более прочных (ковалентных) связей краситель-волокно.

Для более полного представления о проходящей химической реакции и для определения функциональных групп, участвующих в этом процессе, проводился структурно-групповой анализ в инфракрасной области излучения полиамидной пленки, которую выбрали в качестве простейшей модели белкового волокна и окрашивали кислотным ярко-красным 4 Ж красителем в присутствии редокс-системы АПС-тиомочевина и глутаминовой кислоты при 75 °С.

Структурные изменения в макромолекулах полимера устанавливали с помощью дифференциальной ИК-Фурье-спектроскопии путем вычитания нормированных по шкале спектров (спектра исходной пленки из спектра пленки, окрашенной в присутствии редокс-системы при 75 °С (рис.4)).

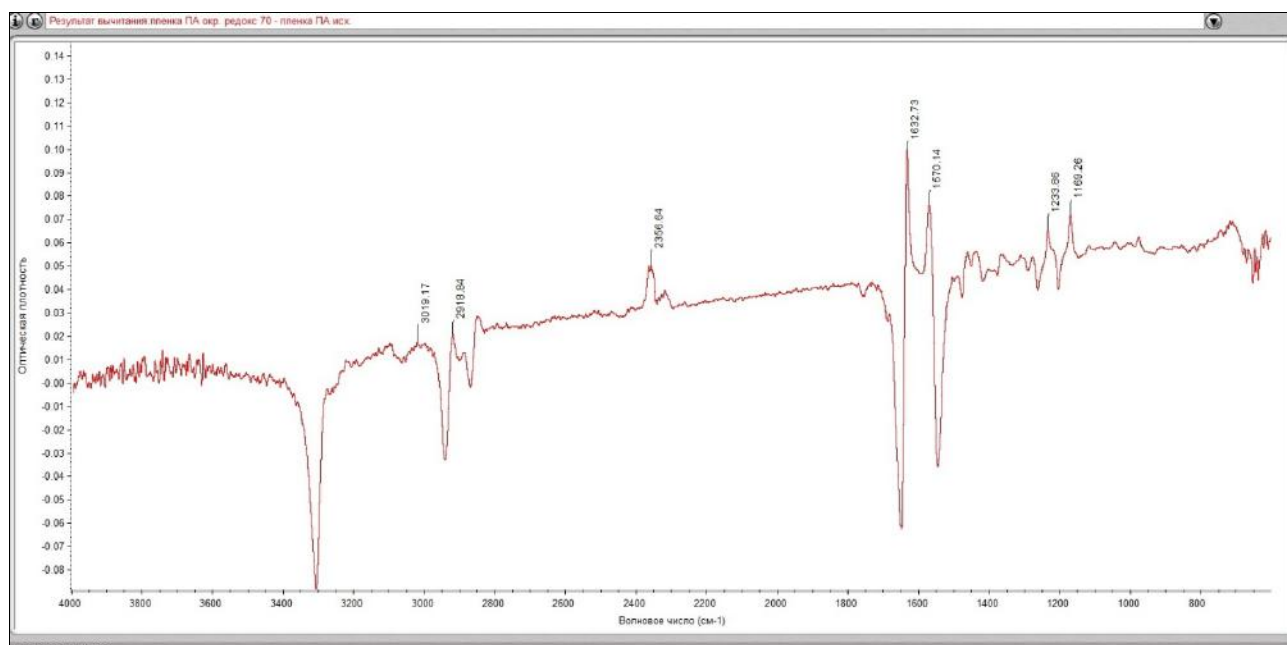


Рис. 4 – Результат вычитания ИК-спектров исходной полиамидной пленки из пленки, окрашенной в присутствии интенсифицирующей системы

Дифференциальный спектр показывает влияние окислительно-восстановительной системы на молекулярную структуру полиамидной пленки: отрицательное поглощение в области 3310 см<sup>-1</sup> указывает на снижение вибрации связи N-H, отрицательные поглощения в областях 2944 см<sup>-1</sup> и 2871 см<sup>-1</sup> отражает снижение вибрации связи C-H в метиленовой группе CH<sub>2</sub>. Спектральные изменения, встречающиеся в диапазонах 1648 см<sup>-1</sup> и 1263 см<sup>-1</sup>, могут быть обусловлены уменьшением колебаний, относящихся к поглощениям Амида I (валентные колебания связей C=O пептидных групп) и Амида III (деформационные колебания N-H<sup>+</sup> валентные колебания C-N), соответственно, и отрицательное поглощение,

проявляющееся в области  $1546\text{ см}^{-1}$ , может свидетельствовать об уменьшении вибраций структуры Амид II (деформационные колебания N-H<sup>+</sup> валентные колебания C-N).

Из представленных данных можно предположить, что снижение колебаний представленных выше связей может свидетельствовать о взаимодействии красителя с полимером не только по связи N-H, но и по связям C=O и C-N. Это может свидетельствовать в пользу наличия радикального механизма взаимодействия краситель – полимер.

Поскольку цистиновые связи шерстяного волокна чувствительны к действию восстановительных реагентов было изучено влияние окислительно-восстановительных систем на сохранность материала в процессе крашения. Растворимость образцов шерсти (по методу Гарриса и Смита), окрашенных при пониженной температуре в присутствии исследуемых редокс-систем в пределах ошибки эксперимента составила, примерно, 16 %, в то время как для образцов, окрашенных по традиционной технологии – более 20%.

Проведенные физико-механические испытания на приборе «Instron 1122» также свидетельствуют о лучшей сохранности образцов, окрашенных при пониженной температуре с использованием редокс-систем и аминокислот. На рисунке 5 выборочно представлены кривые растяжения образцов шерстяной пряжи.

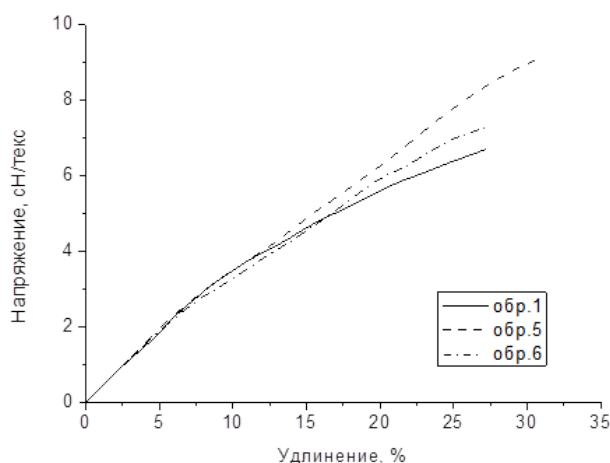


Рис. 5 – Диаграммы растяжения шерстяной пряжи: исходной неокрашенной (обр.1); окрашенной при использовании глутаминовой аминокислоты (обр.5); окрашенной при использовании АПС-тиомочевина + глутаминовая аминокислота (обр.6)

Установлено, что разрывная нагрузка и разрывное удлинение образцов, окрашенных в присутствии редокс-систем, увеличиваются, что свидетельствует об их лучшей сохранности и о повышении эластичности по сравнению с образцом, окрашенным по традиционному способу.

Выводы:

1. Показана эффективность применения окислительно-восстановительных систем в комплексе с аминокислотами при печатании и крашении шерстяных текстильных материалов.
2. Изучены кинетика сорбции, диффузия и фиксация кислотных красителей на шерсти при низкотемпературном крашении в присутствии исследуемых интенсификаторов.
3. Изучены изменения поверхностных свойств и молекулярной структуры субстрата при использовании окислительно-восстановительных систем.
4. Установлено снижение растворимости и повышение физико-механических показателей шерстяного волокна, окрашенного кислотными и металлокомплексными красителями при пониженной температуре ( $75\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

## ЛИТЕРАТУРА

1. A. Aitova, A. Burinskaya. The intensification of the processes of printing and dyeing of natural protein fiber using redox systems // *Fiber and Textiles* (3) Special issue venue XXIV International Congress IFATCC "Tradition and high-tech development keys to the textile market" Pardubice, Czech Republic. – 2016. Pp. 10 – 14.
2. Luo J. Low Temperature dyeing of real silk fabrics using a redox system. Zhejiang Textile School Ningbo China 1991: p. 117-119.
3. Аитова А.Н. Применение редокс-систем и аминокислот для интенсификации процесса печатания шерстяных тканей кислотными металлокомплексными красителями /А. Н. Аитова, А. А. Буринская, Г. М. Чекренева – Известия ВУЗов. Технология легкой промышленности. Научный журнал. Том 21, №3, 2013 г., С. 36-40
4. Б. В. Романовский Основы химической кинетики М.: «Экзамен», 2006, 415 с.
5. Delgado, A. V., Gonzales-Caballero, E., Hunter, R.J., Koopal, L.K. & Lyklema, J. (2005) Measurement and interpretation of electrokinetic phenomena. *Pure and Applied Chemistry*, Vol. 77, No. 10, (2005) P. 1753- 1805.

УДК 677.1:678.8

### ОБОСНОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ЭЛЕМЕНТАРИЗОВАННОГО ЛЬНОВОЛОКНА

### JUSTIFICATION OF THE POSSIBILITY OF OBTAINING COMPOSITES BASED ON ELEMENTARY FLAX FIBER

А.В. Баранов<sup>1</sup>, И.Ю.Ларин<sup>1</sup>, А.П.Морыганов<sup>2</sup>  
A.V. Baranov<sup>1</sup>, I.Y. Larin<sup>1</sup>, A.P. Moryganov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ивановский государственный политехнический университет  
<sup>2</sup>Институт химии растворов им. Г.А. Крестова РАН (Иваново)  
Ivanovo State Polytechnic University  
G.A. Krestov Institute of Solution Chemistry of the RAS (Ivanovo)  
E-mail: abaranov\_52@mail.ru

**В работе на основе теории Оуэнса – Вендта – Кабли определены значения работы адгезии широкого круга термопластичных полимеров к элементаризованному льноволокну. Методом линейного парного регрессионного анализа изучено влияние дисперсионной и полярной составляющих свободной поверхностной энергии термопластов на работу адгезии к льноволокну.**

**Ключевые слова:** композит; связующее; адгезия; свободная поверхностная энергия; смачивание; тестовая жидкость; краевой угол.

**In this paper on the basis of Owens-Wendt-Kabli theory the values of work of thermoplastic polymers' adhesion to elementary flax fiber were defined. The method of linear paired regression analysis was used to study the effect of dispersion and polar components of free surface energy of thermoplastics on the work of adhesion to flax fiber.**

**Keywords:** composit; binder; adhesion; free surface energy; wetting; test liquid; contact angle.

В настоящее время за рубежом большое внимание уделяется разработке полимерных композиционных материалов (ПКМ), содержащих в качестве армирующего наполнителя натуральные волокна (лен, конопля и др.), а в качестве связующего - термопластичные полимеры. Применение волокон природного происхождения позволяет решить такие задачи, как использование возобновляемого ресурса, возможность более полной утилизации материала и, кроме того, снижение стоимости изделий. Замена традиционных ПКМ на биокомпозитные позволяет не только снизить массу изделий, но также уменьшить и себестоимость продукции благодаря более низкой стоимости натуральных наполнителей по сравнению, в частности, со стекловолокном [1].



Как известно [2], одним из важнейших факторов, определяющих свойства ПКМ, является эффективность взаимодействия между фазами, называемая адгезией. При приложении нагрузки на композиционный материал с низкой адгезией между фазами разрушение будет происходить по границе раздела фаз. Какими бы прочными не были сами фазы, при низкой адгезии между ними композиция будет обладать заведомо низкими прочностными свойствами.

В настоящей работе предпринята попытка на примере широкого круга термопластичных полимеров оценить целесообразность их использования в качестве связующего для ПКМ на основе элементаризованного льноволокна.

На прочность адгезионного соединения непосредственное влияние оказывает качество соединяемых поверхностей, характеризуемое таким параметром как свободная поверхностная энергия  $\gamma$ . Свободная поверхностная энергия, или поверхностное натяжение, – основная энергетическая характеристика любого вещества. Поверхностная энергия твердого тела в отличие от поверхностного натяжения жидкости не является равновесной величиной. Эта величина зависит от предыстории поверхности, особенностей ее формирования, может быть различной в различных точках поверхности.

Соотношение поверхностных энергий адгезива (связующего) и субстрата (образца) – основополагающая причина возникновения адгезионных связей. Чем выше поверхностная энергия субстрата, тем лучше он смачивается адгезивом, что является предпосылкой возникновения высокопрочных адгезионных связей. Теоретически, повышая поверхностную энергию субстрата, можно добиться улучшения условий смачивания и, следовательно, увеличения количества адгезионных связей.

Применительно к проблеме создания волокнистых ПКМ адгезия рассматривается в системе двух контактирующих фаз: «адгезив - субстрат» при формировании адгезионного соединения путем нанесения жидкого полимерного адгезива (раствор, расплав) на поверхность твердого субстрата с последующим затвердеванием (испарение растворителя, отверждение в результате химических реакций, затвердевание расплава). Поэтому при выборе компонентов для высокопрочных ПКМ корректнее использовать значения работы адгезии ( $W_a$ ) не расплава, а отвержденного связующего к волокну.

Для расчета  $W_a$  в работе использовали уравнение Юнга-Дюпре (1), а для расчета дисперсионной и полярной составляющих свободной поверхностной энергии выражение (2), основанное на теории Оуэнса – Вендта – Кабли [3]:

$$W_a = \gamma_a (1 + \cos \Theta) \quad (1)$$

$$W_a = 2[(\gamma_s^d \gamma_a^d)^{1/2} + (\gamma_s^p \gamma_a^p)^{1/2}] \quad (2),$$

где:  $\gamma_a$  – свободная поверхностная энергия адгезива или тестовой жидкости, мДж/м<sup>2</sup>;  $\Theta$  – краевой угол смачивания, град;  $\gamma_s^d$  и  $\gamma_a^d$  – дисперсионные составляющие свободных поверхностных энергий субстрата (волокна) и жидкой фазы (адгезива) соответственно, мДж/м<sup>2</sup>;  $\gamma_s^p$  и  $\gamma_a^p$  – полярные составляющие свободных поверхностных энергий, мДж/м<sup>2</sup>.

Способы определения поверхностного натяжения жидкостей хорошо известны. В то же время для твердых тел метод прямого измерения свободной поверхностной энергии в настоящее время отсутствует. Существует несколько методов косвенной оценки величин  $\gamma_s$ , основанные на измерении краевого угла смачивания твердого тела рядом тестовых жидкостей. В данной работе в качестве тестовых жидкостей использовали растворители, обладающие разным соотношением дисперсионной и полярной составляющих свободной поверхностной энергии [4]: дистиллированная вода, диметилформамид, диметилсульфоксид, н-гексан, глицерин, формамид.

Краевой угол смачивания термопластов тестовыми жидкостями определяли гониометрическим методом анализа формы капли, зарегистрированной с помощью катетометра, оснащенного цифровой видеокамерой. Краевой угол смачивания элементаризованного льноволокна оценивали методом Вашбурна, основанного на измерении прироста массы образца в результате капиллярных явлений и адсорбции жидкости [4]. В данном методе пучок волокон, по которому поднимается жидкость,

представляется как пачка капилляров. Капиллярную постоянную образца, зависящую от плотности упаковки волокон, определяли с использованием н-гексана, полностью смачивающего поверхность льняного волокна ( $\cos\theta = 1$ ). Составляющие свободной поверхностной энергии полимеров определяли с помощью линейной аппроксимации уравнений 1 и 2 в координатах  $W_a/2(\gamma_a^d)^{1/2} - (\gamma_a^p/\gamma_a^d)^{1/2}$  (рис. 1). Точка пересечения графика с осью ординат представляет собой  $(\gamma_s^d)^{1/2}$ , а тангенс угла наклона прямой линии  $(\gamma_s^p)^{1/2}$ .

В работе использованы также данные по краевым углам смачивания и поверхностной энергии термопластичных полимеров, опубликованные в работах [5,6], в частности на рис.1 представлены линейные аппроксимации для гомологического ряда полиамидов и полиэтилена, полученные на основе значений  $\theta$ , приведенных в работе [5]. Цифры 6, 8 и 10 в обозначении полиамидов указывают на количество атомов углерода в составе исходных мономеров.

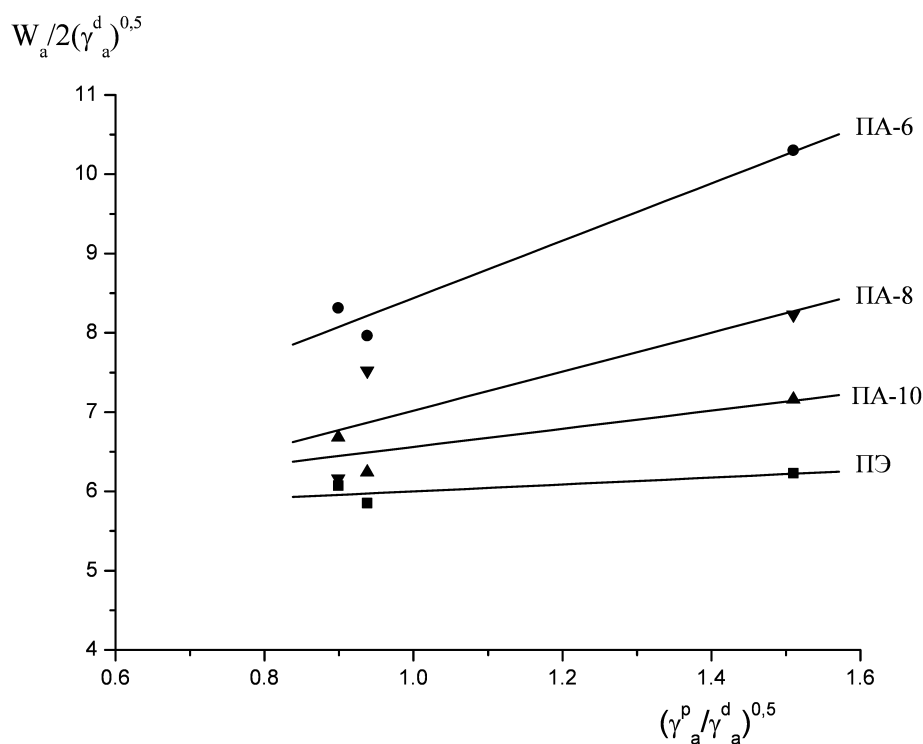


Рис.1 Определение свободной поверхностной энергии полиэтилена и полиамидов в тестовых жидкостях (вода, глицерин, формамид).

На рис.2 и 3 представлены результаты регрессионного анализа, из которого следует, что прогноз адгезионной способности термопластов следует проводить отдельно для полярных и неполярных полимеров. Исключительное место занимает ПЭТФ, занимающий промежуточное положение.

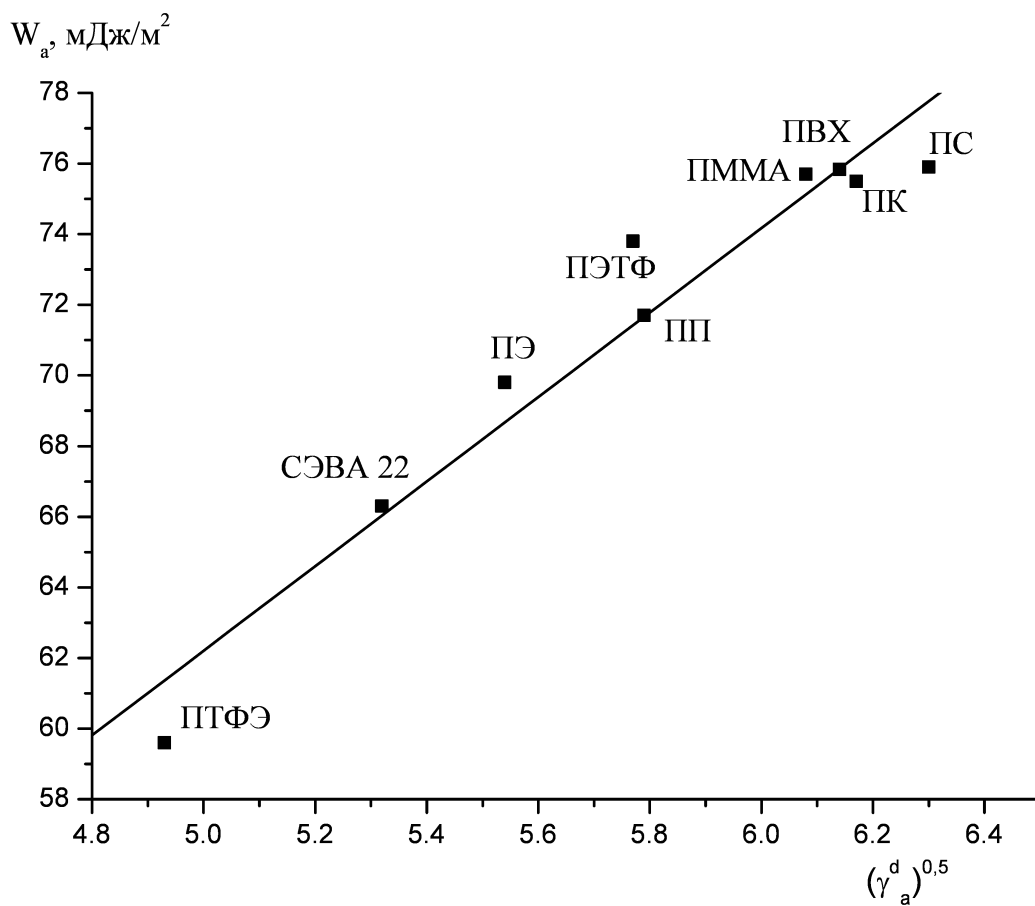


Рис. 2 Влияние значения дисперсионной составляющей поверхностной энергии неполярных полимеров на работу адгезии к элементаризованному льноволокну.

$$W_a = 2,35 + 11,97(\gamma_a^d)^{0,5} \quad R = 0,97$$

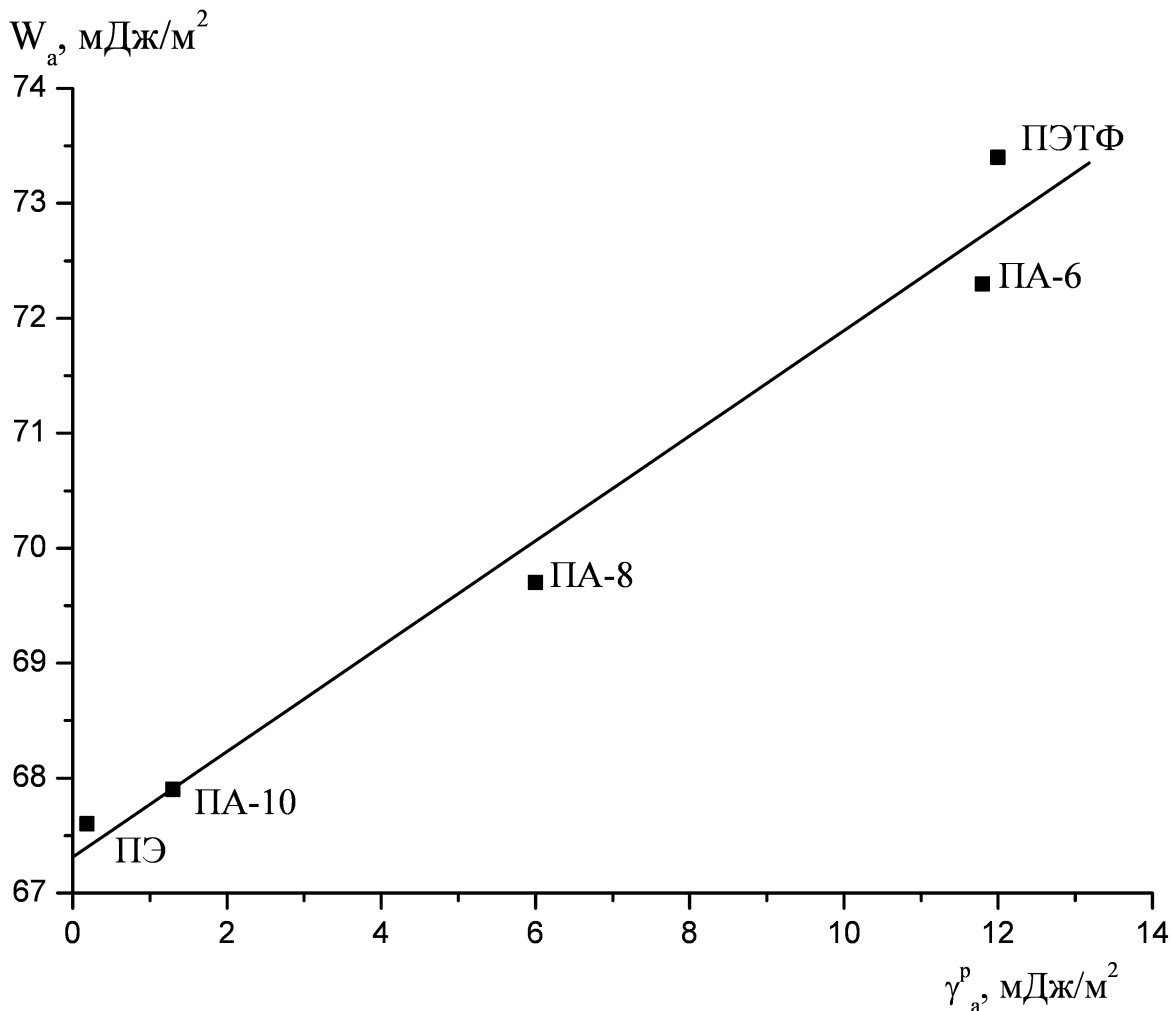


Рис. 3 Влияние значения полярной составляющей поверхностной энергии полярных полимеров на работу адгезии к элементаризованному льноволокну.

$$W_a = 67,3 + 0,458 \gamma_a^p, \quad R = 0,99$$

Анализ представленных на рис.2 и 3 данных, позволяет заключить, что наиболее перспективными для использования в качестве связующего при получении композитов на основе элементаризованного льна являются полистирол и поливинилхлорид.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Донецкий К. И., Хрульков А. В. Применение натуральных волокон при изготовлении полимерных композиционных материалов //Труды ВИАМ. 2015. № 2. Ст. 09.
2. Богданова Ю.Г. Адгезия и ее роль в обеспечении прочности полимерных композитов. Учебное пособие. М. 2010, 68 с.
3. Owens D.K., Wendt R.C. // J. Appl. Polym. Sci. 1969. V. 13. P. 1741.7.
4. Shaw D.J. Introduction to colloid and surface chemistry. – Oxford: Buttrwoth-Heinemann Ltd., 1992. – 306 p.
5. Сумм Б.Д., Горюнов Ю.В. Физико-химические основы смачивания и растекания. М., «Химия», 1976. 232 с.
6. Сокорова Н.В. Кислотные и основные параметры свободной поверхностной энергии полимеров и полимерных композиционных материалов. Диссертация к.х.н. Казанский национальный исследовательский технологический университет. 2011. 168 с.

**РАЗРАБОТКА НОВЫХ СТРУКТУР КРЕПОВЫХ ТКАНЕЙ  
ИЗ НАТУРАЛЬНОГО ШЁЛКА**

**DEVELOPMENT OF NEW STRUCTURE OF CREPE FABRIC FROM  
NATURAL SILK**

О.А. Ахунбабаев  
O.A. Axunbabayev

Узбекский научно-исследовательский институт натуральных волокон  
(Узбекистан, Маргилан)  
Uzbek scientific-research institute of natural fibers (Uzbekistan, Margilan)  
E-mail: margilon\_shoyi@yahoo.com

В статье приведены новые направления расширения ассортимента тканей из натурального шелка. Разработаны новые структуры креповых тканей, которые обеспечивают выраженный креповый эффект ткани, достигаемый новым сочетанием строения тканей и свойств нитей которые определяют их новые свойства. Разработаны новые структуры креповых тканей, в которых крученые нити как минимум одной системы расположены с чередованием направления крутки через одну нить, при этом раздвигаемость и истирание увеличивается в два раза. Разработана новая структура креповой ткани с крупнорельефным гофрированным мелкозернистым креповым эффектом. Созданы новые ассортименты креповых тканей с мелкозернистой креповой структурой и улучшены их эксплуатационные свойства за счет увеличения пористости ткани.

**Ключевые слова:** ткань; креповая ткань; структура ткани; технология; натуральный шелк; свойство, качество.

In this article given a new directions of expansion of fabric assortment from natural silk. New structure of crepe fabric have been developed which provides a pronounced crepe effect on the fabric, achieved by a new combination of the structure of fabric and the propertie of yarn that determine their new properties. New structure of crepe fabric have been developed in which twisted yarns at least one system are located with alternating twist direction through one thread, while sliding and abrasion increases twofold. A new structure of crepe fabric with a coarse-grained corrugated fine-grained crepe effect has been developed. New assortments of crocheted fabrics with fine-grained fortified structure have been created and their operational properties have been improved due to an increase in the porosity of the fabric.

**Keywords:** fabric; crepe fabric; structure of fabric; technology, natural silk; property, qulity.

В современный период экономических реформ по мере насыщения рынка различными ассортиментами шёлковых тканей большое значение имеет уровень их качества, структура самой ткани и её художественно-колористическое оформление.

Актуальными проблемами развития шелковой отрасли являются коренное улучшение и обогащение ассортимента и качества шелковых тканей, путем разработки их новых структур, освоения нового высокопроизводительного оборудования с широкими ассортиментными возможностями и модернизации действующего технологического оборудования.

Особую важность приобретает вопрос создания гаммы ассортимента шелковых тканей исходя из требований внутреннего и внешнего рынка. В этом плане актуальны разработки новых структур креповых тканей, постельных тканей из натурального шелка, а также многослойных двухкомпонентных костюмных тканей из натурального шелка и хлопка.

Ранее нами были определены основные направления развития ассортимента шелковых тканей с улучшенными потребительскими свойствами и колористическим оформлением [1].

Как известно крепдешин вырабатывают из шелка-сырца в основе и шелка-крепа в утке. Крепдешин – весьма распространенная полупрозрачная легкая ткань полотняного переплетения с рельефной зернистой поверхностью, выпускается гладкокрашеной и набивной. Применяется для пошива женских платьев, блуз и белья.

На структуру ткани и создание крепового эффекта большое влияние оказывают также следующие основные факторы: соотношение натяжения основных и уточных нитей, которое влияет на расположение нитей в ткани; соотношение длин упругой системы заправки нитей основы и ткани; соотношение количества основных и уточных нитей приходящихся на единицу длины; сила прибоя уточной нити; конфигурация конструктивно-заправочной линии; отвод и уборка наработанной ткани.

Разработаны новые структуры креповых тканей, которые обеспечивают выраженный креповый эффект ткани, достигаемый тем, что в пределах раппорта поочередно один уток образует с нитями основы элементы (перекрытия) полотняного переплетения, а другой уток образует с нитями основы элементы (перекрытия) репсового переплетения, причём, репсовые переплетения одного утка расположены по отношению к репсовому переплетению другого утка без сдвига или со сдвигом на 1 или более нити основы. На разработанные новые структуры креповых тканей получен патент Республики Узбекистан № IAP 03282 на изобретение «Креповая ткань» [2].

Кроме того, в новых структурах креповых тканей раппорт по утку выполнен состоящим из двух частей с различным расположением элементов полотняного переплетения [2].

Разработаны новые структуры креповых тканей, в которых крученые нити как минимум одной системы расположены с чередованием направления крутки через одну нить и которые также расширяют ассортимент креповых тканей. Сравнительный анализ свойств тканей показал, что в опытной ткани раздвигаемость и истирание увеличились в два раза, что объясняется изменением последовательности крученых уточных нитей 1/1 (левой крутки - правой крутки) против 2/2. На разработанные новые структуры креповых тканей также получен патент Республики Узбекистан № IAP 04038 на изобретение «Креповая ткань» [3].

Разработана новая структура креповой ткани с крупнорельефным гофрированным мелкозернистым креповым эффектом, на которую получен патент Республики Узбекистан № FAP 00763 на полезную модель «Креповая ткань» [4].

Известна креповая ткань крепдешин арт. 11020, содержащая в основе комплексные нити шелка-сырца линейной плотности 2,33 текс в 4 сложения, в утке креповые нити натурального шелка-сырца правой и левой крутки, при отношении плотности нитей основы и утка 1,09 ([1], с. 10-11).

Целью разработки является расширение ассортимента креповых тканей путем создания новых тканей с мелкозернистой креповой структурой и улучшение эксплуатационных свойств ткани за счет увеличения её пористости.

Сущность разработки новой ткани заключается в том, что в качестве основных нитей она содержит нити шелка-сырца в 3 сложения, а в качестве уточных нитей – креповые нити шелка-сырца линейной плотности 3,23 текс в 2 сложения или 2,33 текс в 3 сложения с коэффициентом крутки 60,65-64,55, при плотности ткани по основе 38 нитей на 1см и коэффициенте отношения линейной плотности основы и утка 0,81-0,92.

Известно, что в тканях типа крепдешин креповый эффект создается креповыми нитями утка. Новизна решения заключается в том, что для уменьшения зернистости ткани, определяемой нитями утка, увеличивают плотность ткани по основе. При этом уменьшается расстояние между нитями основы, а следовательно уменьшается и длина уточной нити, находящаяся между ними, которая и определяет зернистость ткани типа крепдешин.

Кроме того, уменьшение количества слагаемых нитей шелка-сырца в нитях основы и уменьшение толщины или количества слагаемых нитей шелка-сырца в нитях утка приводит к уменьшению толщины уточной нити, определяющей зернистость ткани, и уменьшению

толщины основной нити, которая позволяет увеличить плотность нитей по основе, которая также определяет зернистость ткани.

Кроме того, в разработанной ткани увеличение величины зазоров между нитями из-за уменьшения толщины нити, в определенной степени компенсируется её уменьшением из-за увеличения плотности нитей, однако, количество пор при этом значительно увеличивается, что приводит к увеличению пористости ткани.

Увеличение пористости ткани приводит к увеличению воздухопроницаемости и влагопроницаемости ткани, чем достигается улучшение её эксплуатационных свойств.

Сущность разработанных тканей поясняется ниже.

Вариант 1. Креповая ткань крепдешин содержит в основе комплексные нити шелка-сырца линейной плотности 2,33 текс в 3 сложения, в утке креповые нити натурального шелка-сырца линейной плотности 3,23 текс в 2 сложения правой и левой крутки с коэффициентом крутки 60,65. Плотность по основе 38 нитей на 1 см, плотность по утку – 35 нитей на 1 см. Коэффициент отношения плотности нитей основы и утка 1,09, коэффициент отношения линейной плотности основы и утка 0,92 (таблица 1). Вырабатывают ткань полотняным переплетением. Коэффициент связанности ткани 4,84, а поверхностная плотность суровой ткани составляет 57,33 грамм/м<sup>2</sup>.

Вариант 2. Креповая ткань крепдешин от варианта 1 отличается тем, что она содержит в утке креповые нити натурального шелка-сырца линейной плотности 2,33 текс в 3 сложения с коэффициентом крутки 64,55 (таблица 1), коэффициент отношения линейной плотности основы и утка 0,81, коэффициент связанности ткани 5,13, а поверхностная плотность суровой ткани составляет 61,00 грамм/м<sup>2</sup>.

В таблице 2 приведены данные по зернистости ткани, которые свидетельствуют о значительном снижении коэффициента зернистости ткани. Для того, чтобы показать влияние плотности ткани по основе на зернистость ткани, приведены данные тканей по варианту 1 и 2 при плотности по основе 36 нитей на 1 см, которые показывают, что если при плотности ткани 36 нитей на 1 см коэффициент зернистости ткани уменьшается на 13,9-19,2 %, то при увеличении плотности ткани до 38 нитей на 1 см коэффициент зернистости уменьшается до 18,4-23,4 %. При этом величина рельефной зернистости изобретенной ткани уменьшается на

$\frac{1}{5} - \frac{1}{4}$  части от базовой ткани крепдешин арт. 11020 и создает в ткани мелкозернистую рельефную структуру.

Таблица 1

Характеристики креповых тканей

№	Наименование показателя	Ед. изм.	Крепдешин арт. 11020	Вариант 1	Вариант 2
1	2	3	4	5	6
1.	Основа		Натуральный шелк-сырец	Натуральный шелк-сырец	Натуральный шелк-сырец
2.	Линейная плотность нитей основы	текс	2,33	2,33	2,33
3.	Число нитей за одну		4/1	3/1	3/1
4.	Уток		Креп шелка-сырца	Креп шелка-сырца	Креп шелка-сырца

5.	Линейная плотность нитей утка	текс	3,23 x 3	3,23 x 2	2,33 x 3
		текс расч.	11,6	7,6	8,61
		(№)	(86)	(131)	(116)
6.	Коэффициент отношения линейной плотности		0,80	0,92	0,81
7.	Плотность ткани по основе	н/1 см	36	38	38
8.	Плотность ткани по утку	н/1 см	33	35	35
9.	Коэффициент отношения плотностей		1,09	1,09	1,09
10.	Крутка утка	круч/м	2200	2200	2200
11.	Коэффициент крутки		74,93	60,65	64,55
12.	Коэффициент связанности ткани		6,14	4,84	5,13
13.	Поверхностная плотность ткани	г/м <sup>2</sup>	77,30	57,33	61,00

В таблице 3 приведены данные по пористости тканей, откуда видно, что увеличение величины зазоров между нитями из-за уменьшения толщины нити, в определенной степени компенсируется её уменьшением из-за увеличения плотности нитей. Так, пористость вдоль основы в новых тканях сохранилась почти как базовая и увеличилась лишь на 0,003 мм, что составляет 2,1%, точно также и пористость вдоль утка у ткани по варианту 2, которая увеличилась на 0,004 мм, что составляет 2,6%, пористость вдоль утка у ткани по варианту 1 увеличилась на 16,4%. В результате чего пористость одной элементарной поры в тканях по варианту 1 и 2 соответственно увеличилась на 10,1 и 5,1%. При этом следует отметить, что при прочих равных условиях, пористость ткани, соответственно пористости её элементарной поры, также должна была увеличиться на 10,1 и 5,1%. Однако, пористость ткани увеличилась соответственно на 23,3 и 17,4%, то есть, пористость ткани по варианту 1 увеличилась более чем в 2 раза, чем пористость её элементарной поры, а пористость ткани по варианту 2 – более чем в 3 раза, что является следствием увеличения плотности нитей и значительного увеличения в результате этого количества пор в единице площади ткани.

Таблица 2

## Зернистость креповых тканей.

№	Варианты тканей	Коэффициент зернистости			
		абс.	отн. к арт. 11020	± %	± часть от арт. 11020
1	2	3	4	5	6
1.	Крепдешин арт. 11020	41,94	100	-	-
2.	Вариант 1 при $P_o = 36н/1см$	33,89	80,8	19,2	$\frac{1}{5}$



3.	Вариант 2 при $P_o = 36н/1см$	36,11	86,1	13,9	$\frac{1}{7}$
4.	Вариант 1 при $P_o = 38н/1см$	32,11	76,6	23,4	$\frac{1}{4}$
5.	Вариант 2 при $P_o = 38н/1см$	34,21	81,6	18,4	$\frac{1}{5}$

Таблица 3

## Пористость креповых тканей.

№	Наименование показателя	Ед. изм.	Пористость			Увеличение пористости			
			Варианты тканей			Вариант 1		Вариант 2	
			11020	1	2	абс.	%	абс.	%
1.	Пористость:								
	- вдоль основы	мм	0,143	0,146	0,146	0,003	2,1	0,003	2,1
	- вдоль утка	мм	0,152	0,164	0,156	0,012	16,4	0,004	2,6
2.	Пористость элементарной поры	мм <sup>2</sup>	0,0217	0,0239	0,0228	0,0022	10,1	0,011	5,1
3.	Пористость ткани	%	25,8	31,8	30,3	6,0	23,3	4,5	17,4

Следует отметить, что дальнейшее увеличение плотности нитей привело к увеличению обрывности нитей.

Выработана опытная партия ткани и достигнуты выше отмеченные положительные результаты. Органолептический анализ тканей показал, что опытный образец отличается выраженным мелко-зернистым креповым эффектом, воздушностью, нежностью, обладает приятным туше и своеобразным блеском. На разработанные новые структуры креповых тканей получен патент Республики Узбекистан № FAP 00551 на полезную модель «Креповая ткань» [5].

Таким образом, на основании проведённой работы можно сделать следующие выводы:

**1.** Выявлены новые направления расширения ассортимента тканей из натурального шелка.

**2.** Разработаны новые структуры креповых тканей, которые обеспечивают выраженный креповый эффект ткани, достигаемый тем, что в пределах раппорта поочередно один уток образует с нитями основы элементы (перекрытия) полотняного переплетения, а другой уток образует с нитями основы элементы (перекрытия) репсового переплетения, причём, репсовые переплетения одного утка расположены по отношению к репсовому переплетению другого утка без сдвига или со сдвигом на 1 или более нити основы.

**3.** Разработаны новые структуры креповых тканей, в которых крученые нити как минимум одной системы расположены с чередованием направления крутки через одну нить и которые также расширяют ассортимент креповых тканей. Сравнительный анализ свойств тканей показал, что в опытной ткани раздвигаемость и истирание увеличились в два раза, что объясняется изменением последовательности крученых уточных нитей 1/1 (левой крутки - правой крутки) против 2/2.

4. Разработана новая структура креповой ткани с крупнорельефным гофрированным мелкозернистым креповым эффектом.

5. Созданы новые ассортименты креповых тканей с мелкозернистой креповой структурой и улучшены их эксплуатационные свойства за счет увеличения пористости ткани. Органолептический анализ тканей показал, что опытный образец отличается выраженным мелко-зернистым креповым эффектом, воздушностью, нежностью, обладает приятным туше и своеобразным блеском.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Алимбаев Э.Ш., Ахунбабаев О.А., Рахимходжаев Г.А., Лукманов Х.Н., Абдурахимова О.М. Расширение ассортимента и пути улучшения качества тканей из натурального шелка. М.:ЦНИИТЭИлегпром. 1990. – 64 с.
2. Валиев Г.Н., Ахунбабаев О.А., Алимбаев Э.Ш., Мирзахонов М.М., Рахимходжаев Г.А. Креповая ткань // Патент Республики Узбекистан № IAP 03282. 2007. Бюл. № 2, с. 60-61.
3. Ахунбабаев О.А., Валиев Г.Н., Мирзахонов М.М. Креповая ткань // Патент Республики Узбекистан № IAP 04038. 2009. Бюл. № 10, с. 38-39.
4. Валиев Г.Н., Ахунбабаев О.А., Мирзахонов М.М. Креповая ткань // Патент Республики Узбекистан № FAP 00763. 2012. Бюл. № 9, с. 53.
5. Ахунбабаев О.А., Валиев Г.Н., Мирзахонов М.М. Креповая ткань // Патент Республики Узбекистан № FAP 00551. 2010. Бюл. № 5, с. 101-102.

677.074.152

### ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ СТРУКТУР ТРЕХОСНЫХ ТКАНЕЙ

### PECULIARITIES DEVELOPMENT OF DOMESTIC STRUCTURES OF TRIAXIAL FABRICS

Е.О. Грузина, Т.Ю. Карева

E.O. Gruzina, T.Yu. Kareva

Ивановский государственный политехнический университет

Ivanovo State Polytechnic University

E-mail: pti@ivgru.com

Рассмотрены вопросы особенностей развития структур отечественных трехосных тканей. Показаны этапы совершенствования структур тканей не ортогонального строения, разработанных в Текстильном институте ИВГПУ.

**Ключевые слова:** трехосная ткань; структура; особенности развития.

**The questions of peculiarities of the development of the structures triaxial tissues are considered. Stages of perfection of structures of tissues not of an orthogonal structure, developed in Textile Institute of IVGPU are shown.**

**Keywords:** triaxial tissue; structure; development features.

В конце двадцатого века ведущими европейскими странами, а также Японией и США было начато производство тканей новых структур, в которых нити основы не остаются параллельными друг другу, а взаимодействуют между собой, одновременно переплетаясь с нитями утка. Из всего многообразия структур таких тканей можно выделить два основных направления в формировании тканей с не ортогональным (не перпендикулярным) положением нитей основы и утка. Это триаксиальные (трехосные) ткани и ткани с эффектом

перевивки. Триаксиальные ткани применяются, в основном, в технических целях, и здесь большую роль играет равновесность структуры тканого полотна. Как известно, триаксиальными тканями называют такие ткани, которые состоят из трех систем нитей, каждая из которых пересекается под определенным углом к другой системе, чаще всего этот угол составляет 60 градусов. Формирование ткани происходит путем пересечения трех систем нитей. Одну систему нитей образует поперечный уток, располагающийся перпендикулярно к продольной оси ткани, две другие системы – это взаимно пересекающиеся нити основы.

Разработкой новых трехосных структур тканей занимались и российские ученые. Так, в Ивановской государственной текстильной академии (ныне Текстильный институт ИВГПУ) была разработана структура трехосной ткани, а так же станок для ее изготовления, в которой нити основы, перемещаясь вдоль утка на несколько шагов в одну сторону, а затем обратно, взаимодействовали друг с другом [1,2]. На рис.1 представлена структура разработанной ткани.

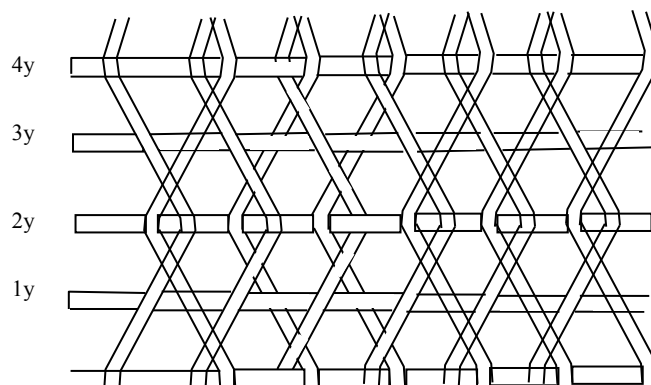


Рис. 1 Структура трехосной ткани, в которой нить основы взаимодействует с двумя соседними нитями основы

Дальнейшее развитие исследований в области разработки структур трехосных тканей на кафедре ТПТИ ИВГПУ получила организация структуры ткани неортогонального строения (трехосных), в которой каждая из нитей основы взаимодействует со всеми нитями основы по всей ширине ткацкого станка [3]. На рис. 2 представлена структура трехосной ткани с взаимодействием нитей основы по всей ширине полотна.

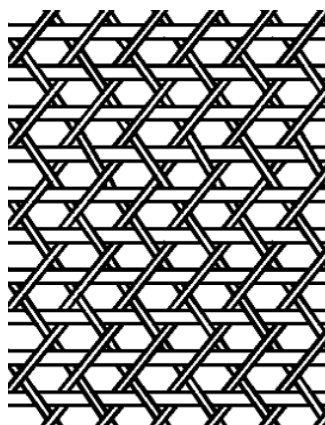


Рис. 2 Структура трехосной ткани с взаимодействием нитей основы по всей ширине полотна

В силу особенности формирования трехосных тканей, существуют ограничения по плотности расположения нитей в ткани, особенно по основе, а, следовательно, имеется предел по физико-механическим свойствам таких тканей вдоль основы.. Однако, со стороны



3. Кожевникова, Л.В. Особенности структуры трехосной ткани/ Л.В. Кожевникова, Т.Ю. Карева, С.О. Кожевников// Вестник молодых ученых Санкт-Петербургского государственного университета технологии и сервиса/ – 2016. – №4.- с. 6-9.

УДК 677:687.03

## СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД В ПРОЕКТИРОВАНИИ МАСКИРОВОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

### SYSTEM APPROACH TO DESIGN MACHINING MATERIALS

И.Ю. Белова, О.В. Метелёва, Ю.А. Шаммут.  
I.Yu. Belova, O.V. Metelyova, Yu.A Shammut.

Ивановский государственный политехнический университет.  
Ivanovo State Polytechnic University. Textile Institute  
E-mail: kaf-tshi@yandex.ru

Аналитически обоснована внутренняя структура системы «человек – швейное изделие для визуально-оптической и тепловой маскировки – среда», в пределах которой выполняется функционирование маскировочного изделия, а также системы «материал-конструкция-технология», которая определяет структуру проектируемого изделия. Разработана схема процесса формирования входных и выходных параметров системы, которая отражает характер взаимосвязей между её элементами.

**Ключевые слова:** человек; среда; конструкция; технология; проектирование; маскировочная защита; системой подход; температурных гомеостаз; ремиссионные показатели местности; теплосъёмная система.

The internal structure of the system "man - a sewing product for visually-optical and thermal masking - environment", within which the functioning of the camouflage product is performed, as well as the "material-design-technology" system, which determines the structure of the designed product, is analytically justified. The scheme of the process of forming the input and output parameters of the system is developed, which reflects the nature of the interrelations between its elements.

**Keywords:** man; environment; design; technology; design; camouflage protection; system approach; temperature homeostasis; remembrance indices of terrain; heat removal system.

Процесс проектирования швейных изделий специального назначения для визуально оптической и тепловой маскировки характеризуется поиском оптимальных решений, удовлетворяющих комплекс потребительских и производственных требований [1]. В основе системного подхода в сложном процессе создания нового объекта, предназначенного для выполнения заранее заданных функций, лежит анализ объекта как целостного комплекса взаимосвязанных элементов. Системный подход эффективен при построении схемы процесса проектирования для определения целей и критериев проектирования, многофакторной оценки проектных решений. Структура системы позволяет рассматривать её как единое целое и понять, как она функционирует. [2, 3].

Системный подход в решении проектных задач применялся Романовым В.Е., Сурженко В.Я., Чубаровой З.С., Афанасьевой Р.Ф., Харловой О.Н., Шаммут Ю.А. и др. в области проектирования и оценки качества специальной одежды [2, 3, 4].

Швейное изделие, как элемент комплексной системы маскировочной защиты целесообразно рассматривать с одной стороны, как элемент системы S1 «человек-изделие-среда», а с другой результат системы S2 «материал-конструкция-технология». Формирование требований к изделиям, предназначенным для визуально оптической и тепловой маскировки, выполняется в пределах системы S1, а эффективность маскировочной защиты определяется характером связей между элементами системы S2, конструкторско-

технологическим решением изделия, а также структурой пакета используемых материалов и технологическими параметрами процесса их производства (рис. 1).



Рис. 1 Взаимодействие системы S1 и системы S2

Реализация принципов системного подхода к проектированию и изготовлению изделий опирается на тщательный анализ и систематизацию следующих массивов информации, определяющих компоненты задачи проектирования:

- независимые переменные, в том числе факторы окружающей среды;
- зависимые переменные, которые определяются проектом, в нашем случае это показатели маскировочной защиты;
- параметры проектирования, которые можно варьировать для достижения приемлемых или оптимальных значений зависимых переменных, в нашем случае это структура пакета используемых материалов, технологические режимы их получения и обработки в процессах изготовления изделий.

На стадии проектирования устанавливается необходимый комплекс свойств ( $\sum K_i(вх)$ ), отвечающий предъявленным требованиям, а на стадии изготовления средства для визуально-оптической и тепловой маскировки формируется изделие заданным комплексом качественных характеристик ( $\sum K_i(вых)$ ).

Для оценки эффективности результата процесса проектирования и изготовления маскировочных изделий можно использовать коэффициент соответствия  $K_c$  свойств готового изделия заданным свойствам. [4]

$$K_c = \sum_{i=1}^n K_{ci} \alpha_{ci} = \sum_{i=1}^n \frac{ПК_{(вых)i}}{ПК_{(вх)i}} \cdot \alpha_i,$$

где  $K_{ci}$  – коэффициент соответствия i-го комплекса свойств готового изделия;

$\alpha_{ci}$  – коэффициент весомости i-го комплекса свойств готового изделия;

$PK_{(вых)i}$  –  $i$ -ый единичный показатель качества готового изделия;

$PK_{(вх)i}$  – заданный  $i$ -ый единичный показатель;

$\alpha_i$  – коэффициент весомости  $i$ -го единичного показателя.

При достижении полного соответствия параметров проектируемого изделия  $Ki_{(вых)}=Ki_{(вх)}$  и  $K_c=1$ . Анализ внутренних составляющих систем S1 и S2 позволит с одной стороны выделить доминирующие (наиболее значимые) факторы, обеспечивающие минимально-необходимое соответствие изделия назначению, а с другой – стремиться к получению проектируемого изделия, полностью соответствующего заданному комплексу свойств.

Основное назначение проектируемого изделия – маскировочная защита человека, в соответствии с чем, рассматривать эффективность его функционирования вне человека бессмысленно. Входными факторами системы по отношению к рассматриваемому объекту «маркировочное изделие для визуально-оптической и тепловой маскировки» являются характеристики элементов «человек» и «среда». Для анализа взаимодействия элементов важны следующие параметры: антропометрические характеристики потребителя ( $R_{ia}$ ) и его температурный гомеостаз ( $R_{it}$ ), а также ремиссионные показатели местности ( $R_{ip}$ ) и погодноклиматические условия окружающей среды ( $R_{ip}$ ). От входных факторов образуются информационные связи ( $R_i$ ), представленные в виде требований к изделию, которые формируются с учётом комплекса тактико-технических требований, обусловленных назначением проектируемых изделий, которые определяют основные цели и задачи его создания, условия его применения, задают потребительские значения основных параметров и характеристик, определяют условия его производства и эксплуатации.

Требования защиты, как одно из основных функциональных назначений изделия, а именно визуально-оптическая и тепловая маскировка человека, соответствующая природноклиматическим условиям его нахождения, а также защита от неблагоприятных факторов окружающей среды (снег, дождь, ветер и др.). Во многом защитные функции одежды определяются пакетом используемых материалов. Эффект визуально-оптической маскировки достигается использованием материалов соответствующего художественно-колористического оформления, а защите от неблагоприятных факторов окружающей среды способствует защитная отделка (водо-, масло-, грязеотталкивающая пропитка и др.). Функциональные требования, а именно соответствие изделия назначению и условиям эксплуатации. Маскировочные изделия должны обеспечивать возможность выполнения военнослужащим поставленной боевой задачи, учитывать специфику их использования, в том числе в полевых условиях, иметь специальные конструктивные элементы для быстрого одевания (снятия), не допускать возможность дешифровки.

Эргономические требования, обуславливающие удобство и комфорт его потребления в рассматриваемой системе, а именно соответствие изделия антропометрическим, физиологическим, психофизиологическим и гигиеническим требованиям, непосредственно влияющим на удобство пользования изделием в соответствии с его назначением. Антропометрические свойства характеризуют соответствие изделия размерам и форме человека и отдельных его частей (тело, руки, ноги, голова). Физиологические свойства, в том числе маскировочных изделий, обуславливают соответствие изделия силовым, скоростным и энергетическим возможностям человека, выполняющего поставленную боевую задачу, а также обеспечивают возможность функционирования органов чувств человека (зрения, слуха, осязания, обоняния). Гигиенические свойства изделий обеспечивают его нормальную жизнедеятельность и работоспособность.

Эксплуатационные требования к маскировочным изделиям определяют степень стабильности свойств в процессе эксплуатации изделия. Под воздействием эксплуатационных нагрузок, внешних факторов окружающей среды, использованию ресурса защитных свойств, заложенных структурой пакета материалов и конструктивно-

технологическим решением маскировочных изделий, материалы и изделия теряют или изменяют свои основные характеристики. Проектируемые изделия должны быть устойчивы к воздействию указанных факторов в процессе эксплуатации (высокая прочность, водонепроницаемость материалов, формоустойчивость изделий, надёжность крепления маскировочных элементов и др.), герметичность швов, возможность регулирования и восстановления защитных функций, возможность ухода за изделием (стирка и (или) химчистка) и т.д.

Технико-экономические требования. На себестоимость изготовления швейных изделий влияют затраты на используемые материалы, трудоёмкость, возможность применения современного технологического оборудования. Однако, при проектировании и изготовлении маскировочных изделий себестоимость их изготовления необходимо оценивать в сопоставлении приоритета значимости защитных функций, которые они обеспечивают. Для изделий, основным функциональным назначением которых является сохранение жизни человека в экстремальной ситуации, проектируемое конструктивно-технологическое решение защиты должно обеспечивать возможность его реализации в условиях серийного производства.

Из всего вышеперечисленного комплекса требований к проектируемым изделиям выделены наиболее значимые:  $R_{oa}$  – антропометрическое соответствие потребителю,  $R_{от}$  – требуемые теплотехнические характеристики, обеспечивающие комфорт,  $R_{овот}$  – характеристики, обеспечивающие визуально-оптическую и тепловую маскировку, а также защиту от неблагоприятных факторов окружающей среды, с наиболее сложной системой взаимосвязи, т.к. разработка структуры пакета материалов в изделии, предполагающем экранирование потока ИК-излучения, идущего от человека, т.е. обеспечивающего тепловую маскировку всегда будет сопряжена с проблемой сохранения в таком изделии нормальной системы терморегуляции организма.

Среднегеометрический показатель качества проектируемого изделия может быть представлен в виде произведения среднеарифметических взвешенных показателей соответствия каждого из всего комплекса вышеперечисленных требований.

$$K_i(vx) = R_{ra}^{\alpha_{ra}} \times R_{rm}^{\alpha_{rm}} \times R_{rвом}^{\alpha_{rвом}} \times \dots \times R_{ri}^{\alpha_{ri}}$$

где  $K_i(vx)$  – среднегеометрический показатель качества маскировочного изделия;

$R_{ra}$  – среднеарифметический взвешенный комплексный показатель антропометрического соответствия;

$R_{rm}$  – среднеарифметический взвешенный комплексный показатель, характеризующий теплотехнические характеристики изделия;

$$R_{ri} = \sum_{j_i=1}^n f_{o_i} R_i$$

$R_{rвом}$  – среднеарифметический взвешенный комплексный показатель, характеризующий способность изделия обеспечивать визуально-оптическую и тепловую маскировку;

$R_{ri}$  – среднеарифметический  $i$ -ый взвешенный комплексный показатель соответствия из комплекса свойств, предъявляемых к проектируемому изделию;

$\alpha_{ri}$  – коэффициент весомости  $i$ -го комплексного показателя соответствия, зависящий от его относительной важности.

Комплексные показатели соответствия определяются в свою очередь по формуле:

где  $R_{ri}$  – комплексный показатель соответствия требованиям  $i$ -го свойства;

$j_i$  – входной параметр свойства  $i$ -го требования;

Для организации процесса изготовления эффективного маскировочного изделия необходимо провести анализ связей организационной системы S2 «материал-конструкция-технология». Наибольшая доля определяющего воздействия на качество проектируемых



изделий принадлежит материалам. Текстильные материалы обладают сложным комплексом взаимосвязанных характеристик. На основе анализа условий эксплуатации и недостатков материалов, применяемых в настоящее время в производстве маскировочных изделий, можно установить номенклатуру свойств, которые необходимо учитывать при их выборе, а также определить направление оптимизации тех свойств, которые играют доминирующую роль в обеспечении эффекта визуально-оптической и тепловой маскировки. Конфекционирование материалов при проектировании новых видов швейных изделий, как правило, базируется на существующий ассортимент текстильных материалов с постановкой задачи оптимального выбора материалов для заданных условий эксплуатации. Соответствие материалов назначению оценивается с помощью комплексного критерия  $K$ , построение которого основано на сравнении единичных показателей качества с некоторыми базовыми (эталонными) значениями этих показателей. Максимизация этого критерия, который в общем случае выражается числом в интервале  $0 \ll K < 1$ , позволит выбрать из имеющегося ассортимента оптимальный материал и (или) пакет материалов для заданных условий эксплуатации. Выбор оптимального варианта материалов для одежды специального назначения осуществляется по следующему алгоритму:

- определение исходных требований к материалам на основе анализа их соответствия назначению проектируемым изделиям и возможности обеспечения требуемого уровня качества;

- установление направлений оптимизации единичных показателей свойств;

- установление порядка значимости (весомостей) свойств материалов для проектируемых изделий с учётом их назначения и условий эксплуатации;

- выбор базовых значений показателей качества;

- расчёт комплексного критерия соответствия материалов назначению для всех сравниваемых материалов-аналогов и расположение их в порядке предпочтительности.

При проектировании и изготовлении швейных изделий специального назначения очень часто однослойное конструктивное решение не позволяет обеспечить требуемый комплекс показателей свойств, соответствующий назначению изделия и условиям его эксплуатации. Данную проблему решают композиционные материалы. Под  $R_{\text{МКМ}}$  подразумевается технология получения многослойного композиционного материала (пропитка материала специальной химической композицией, поверхностное нанесение на материал плёночных покрытий, получение многослойных материалов на основе использования ниточных, клеевых и сварных технологий, построение сложных многослойных систем с введением специальных теплоёмких, охлаждающих элементов и т.д.).

Технология, как одна из составных частей системы  $S_2$  обязательная составляющая производственного процесса производства, связанная с переработкой сырья, полуфабрикатов и превращением их в готовую продукцию. Факторы технологического процесса  $R_{\text{ТП}}$  – те ресурсы, которые в него вовлечены. Необходимый комплекс специальных свойств изготавливаемых изделий, а именно, набор функциональных элементов, обеспечивающих готовому изделию визуально-оптическую и тепловую маскировку достигается прежде всего взаимосвязью элементов системы «материал» и «конструкция», т.е. за счёт комбинации свойств используемых материалов и конструктивных параметров. Данная взаимосвязь осуществляется элементом системы «технология» при обязательной поддержке режимов и параметров обработки деталей и узлов ( $R_{\text{ПО}}$ ), как элемента рассматриваемой системы, обеспечивающего реализацию технологических решений и, как следствие, их эффективность в достижении поставленной задачи.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Веселов, В.В. Разработка и исследование экранирующих свойств пакета материалов в изделиях специального назначения / И.Ю.Белова, В.В.Веселов, Б.Л.Горберг // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2011. № 1. С. 96-100.

2. Антонов А.В. Системный анализ [Текст] / А.В. Антонов. - М.: Высшая школа, 2004. - 454 с  
Дитрих Я. Проектирование и конструирование. Системный подход / Я. Дитрих. - М.: Мир, 1981. - 456 с.]
3. Романов В.Е. Системный подход к проектированию специальной одежды [Текст] / В.Е. Романов. - М.: Легкая и пищевая промышленность. - 128 с.
4. Шаммут Ю.А. Совершенствование процессов конструкторско-технологической подготовки производства корсетных изделий [Текст]: дис... канд. техн. наук: 05.19.04/ Ю.А. Шаммут. – Иваново, 2005. – 170 с.

УДК 677.017.37

## **РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ НАПРАВЛЕННОСТИ ВОЛОКОН В ВОЛОКНИСТЫХ СТРУКТУРАХ**

### **DEVELOPMENT OF FIBER ORIENTATION MEASUREMENT METHODS IN FIBER STRUCTURES**

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

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

В работе представлены результаты разработки компьютерной системы, которая позволяет выполнять оценку направленности волокон в структуре матрицы композита, представляющей собой нетканый материал или плетеную преформу, методом анализа изображений. С использованием разработанной компьютерной системы выполнен анализ изображений нетканой и плетеной структур из углеродных волокон. Для нетканых образцов определены направленность волокон, коэффициент анизотропии, средний угол и величину отклонения от среднего значения для направленности волокон. Для образцов плетеных структур определен угол армирования. Из полученных результатов сделан вывод об эффективности применения разработанного нами программного комплекса для анализа волокнистых структур.

**Ключевые слова:** нетканый материал; направленность волокон; плетеная структура; угол армирования; метод анализа изображений.

The work presents the results of the computer system development which allows estimating a fiber orientation in composite structures, namely nonwoven and braided structures, using image analysis. Using our developed computer system the analysis of carbon nonwoven and carbon braided images was made. For nonwoven samples fiber orientation, anisotropy ratio, mean orientation and standard deviation were measured. For braided samples the reinforcement angle was determined. The obtained results make us have a conclusion about effectively applying our computer system for analysis of fiber structures.

**Key words:** nonwovens; fiber orientation; braided structure; reinforcement angle; image analysis.

Волокнистые структуры широко используются в качестве армирующих матриц при производстве новых композиционных материалов технического назначения, которые применяются в различных отраслях промышленного производства (машиностроение, авиация, аэрокосмическая отрасль, строительство и др.). Известно, что физико-механические свойства таких волокнистых структур и функциональные характеристики конструкционных материалов на их основе определяются природой волокна, из которого они изготовлены, и направленностью волокон, образующей структуру материала. Именно поэтому важное практическое значение приобретает измерение и точная оценка направленности волокон в структуре материала, что обеспечивает контроль качества в процессе производства и достоверный прогноз физико-механических свойств при анализе уже готовой продукции.

Целью работы является разработка компьютерной системы, которая позволит выполнять оценку направленности волокон в структуре матрицы композита, представляющей собой волокнистый материал, с последующим прогнозом ее физико-механических свойств. Особенный интерес в вопросе определения направленности волокон представляют нетканые материалы, в которых направленность волокон в зависимости от технологического процесса производства часто носит вероятностный характер, и плетеные преформы, главной структурной характеристикой которых является угол армирования, точное измерение которого необходимо для обеспечения высокого соответствия процесса изготовления плетеных преформ заданным требованиям.

Для достижения поставленной цели нами использован метод анализа изображений, в основе которого лежит преобразование Фурье. Данный метод позволяет выполнить разложение цифрового изображения волокнистой структуры по спектру, т.е. перевести изображение в область частот, и представить его в виде периодической функции, что обеспечивает высокую точность анализа волокнистой структуры материала даже при наличии шума в изображениях и в ситуациях, когда отдельные участки исследуемых образцов имеют высокую плотность волокон.

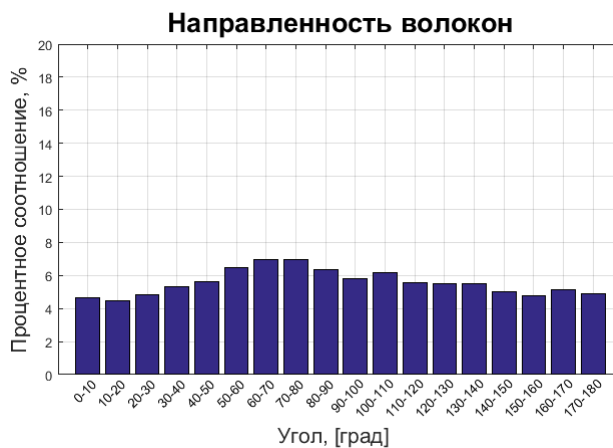
Поскольку в спектре изображения низкочастотные компоненты характеризуют области, в которых яркость практически не изменяется, а высокочастотные компоненты, наоборот, определяют ее интенсивное изменение, в случае анализа изображений волокнистых структур волокна будут преимущественно расположены в направлении, перпендикулярном направлению максимальных значений интенсивности спектра, что позволяет определить среднее значение угла армирования для плетеных структур и оценить направленность волокон в нетканых материалах.

Математический аппарат преобразования Фурье ранее уже был использован нами для определения направленности волокон в нетканых материалах [1,...,4] и дальнейшее совершенствование разработанного алгоритма его реализации позволило нам использовать этот метод для разработки единой компьютерной системы анализа нетканых и плетеных волокнистых структур. Процедура обработки изображений и вычисление преобразования Фурье реализовано нами с использованием функций в системе Matlab.

Для анализа с использованием разработанного нами программного комплекса были выбраны изображения углеродных нетканых образцов (рис. 1), структура которых в процессе производства была сформирована аэродинамическим методом, определяющим вероятностный характер направленности и плотности распределения волокон, а также образцов углеродных плетеных структур с разными углами армирования (рис. 2). Исследуемые изображения были загружены в разработанный нами программный комплекс, автоматически обработаны в соответствии с разработанным нами ранее алгоритмом [2, 3], после чего для каждого изображения было вычислено преобразование Фурье.



(a1)



(б1)



(a2)



(б2)



(a3)



(б3)

Рис. 1. (a1 – a3) Изображения нетканой структуры; (б1 - б3) Диаграммы распределения направленности волокон.

С целью более наглядного представления результатов измерения направленности волокон в образцах нетканой структуры (рис. 1) диапазон от  $0^\circ$  до  $180^\circ$  был разделен нами на 18 интервалов по  $10^\circ$  и было определено процентное соотношение волокон в каждом интервале (рис. 1 б1-б3). Дальнейший анализ полученных диаграмм позволил определить коэффициент анизотропии, средний угол и величину отклонения от среднего значения для направленности волокон в исследуемых образцах нетканой структуры. Численные значения результатов анализа нетканых структур приведены в табл. 1.

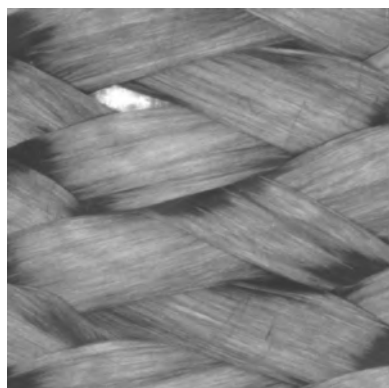
Таблица 1

Изображение нетканого материала	Направление волокон		Максимальное значение распределения волокон, %	Минимальное значение распределения волокон, %	Коэффициент анизотропии
	Среднее значение, град	Отклонение от среднего значения, град.			
Рис. 1(a1)	72,9	44,71	6,85	4,88	1,40
Рис. 1(a2)	82,81	42,75	7,86	4,71	1,67
Рис. 1(a3)	85,22	42,46	7,28	4,18	1,74

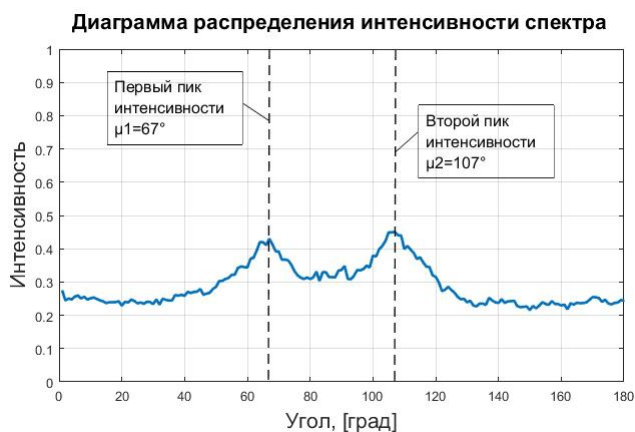
Полученные результаты позволяют охарактеризовать исследуемые нетканые структуры как анизотропные, однако, численные значения коэффициентов указывают на ее невысокую степень. Изменение полученных коэффициентов анизотропии объясняется разницей в отклонении направленности волокон от среднего значения. Чем меньше величина отклонения, тем выше степень анизотропии, а при отклонении направленности волокон от среднего значения в  $45^\circ$  нетканый материал будет иметь изотропную структуру.

В исследовании плетеной структуры были использованы изображения преформы, изготовленной из углеродных волокон на машине радиального плетения (рис. 2). В процессе изготовления взятой преформы скорость намотки нитей и сечение оправки оставались неизменными, но равномерно изменялась в сторону увеличения скорость перемещения (вытяжки) оправки, что обеспечило изменение угла плетения. Для каждого изображения плетеной структуры была построена диаграмма распределения интенсивности (рис. 2 б1-б3) и определен угол армирования  $\theta$ .

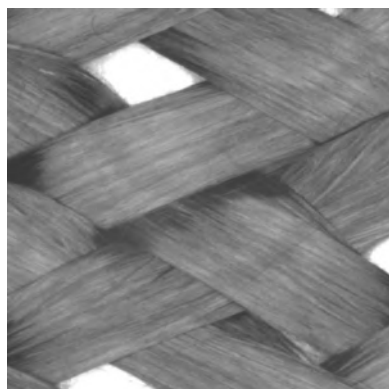
На каждой из полученных диаграмм выделены два ярко выраженных пика интенсивности  $\mu_1$  и  $\mu_2$ , которые характеризуют угол укладки нитей. Увеличение скорости вытяжки оправки приводит к уменьшению значения  $\mu_1$  и к увеличению значения  $\mu_2$  на диаграммах (рис. 2 б1-б3), что позволяет определить изменение угла плетения  $\theta$  [5]. Численные результаты анализа полученных диаграмм и значения углов армирования  $\theta$  приведены в таблице 2.



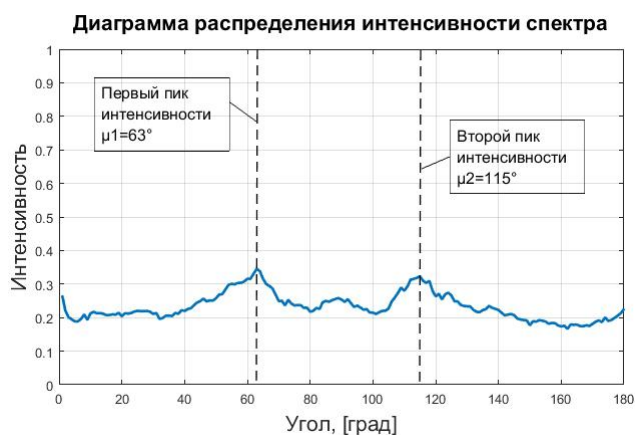
(a1)



(б1)

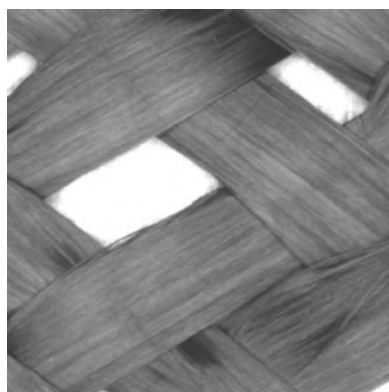


(a2)

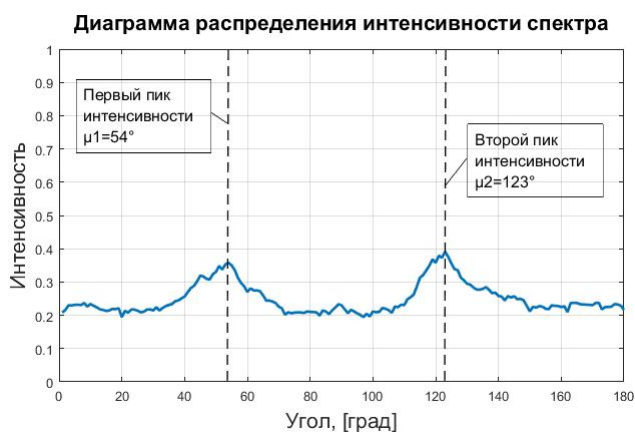


(б2)





(a3)



(б3)

Рис. 2. (a1 – a3) Изображения плетеной структуры с разными углами армирования; (б1 - б3) Диаграммы распределения интенсивности.

Таблица 2

Изображение	Первый пик интенсивности, $\mu_1$ , град	Значение интенсивности для $\mu_1$	Второй пик интенсивности, $\mu_2$ , град	Значение интенсивности для $\mu_2$	Угол плетения, $\theta$ , град
Рис. 2(a1)	67	0,43	107	0,45	70
Рис. 2(a2)	63	0,35	115	0,32	64
Рис. 2(a3)	54	0,36	123	0,39	55,5

Таким образом, результаты проведенного нами анализа изображений нетканых и плетеных структур позволяют сделать вывод об эффективности применения разработанного нами программного комплекса для анализа волокнистых материалов. Программный комплекс позволяет вычислить направленность волокон и угол армирования, однако, следует отметить, что точность результатов во многом зависит от качества изображений и только четкое изображение волокнистой структуры позволит получить достоверные результаты. В перспективе разработанный программный комплекс может быть использован для осуществления контроля качества в процессе производства нетканых и плетеных структур, а информация о величине угла армирования и значении направленности волокон в структуре материала, полученная из анализа изображений, может быть использована для прогнозирования физико-механических свойств волокнистых материалов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ершов С.В. Определение направленности волокон в углеродных нетканых структурах средствами преобразования Фурье / С.В. Ершов, Е.Н. Калинин, Т. Тидт // Изв. Вузов. Технология текстильной промышленности. – Иваново: ИВГПУ, 2014. - №6. – С. 105 - 110.
2. Ершов С.В. Разработка программного комплекса для анализа направленности волокон в углеродных нетканых структурах / С.В. Ершов, Е.Н. Калинин // Вестник Череповецкого государственного университета. – Череповец: ЧГУ, 2015. - №1. – С. 12 - 17.
3. Ершов С.В. Анализ направленности углеродных волокон в реальных нетканых структурах технического назначения / С.В. Ершов, Е.Н. Калинин, Т. Тидт // Изв. Вузов. Технология текстильной промышленности. – Иваново: ИВГПУ, 2015. - №6. – С. 189 – 193.
4. Ершов С.В. Влияние пиксельной характеристики цифровых изображений нетканых структур на точность результатов их компьютерного анализа / С.В. Ершов, Е.Н. Калинин //

Изв. Вузов. Технология текстильной промышленности. - Иваново: ИВГПУ, 2016. - №6. - С. 243 – 247.

5. Ершов С.В. Определение угла армирования плетеных преформ методом анализа изображений / С.В. Ершов, Е.Н. Калинин, В.Б. Кузнецов, Е.Н. Никифорова // Вестник Череповецкого государственного университета. – Череповец: ЧГУ, 2017 (в печати).

УДК 677.024.1

## **СОЗДАНИЕ ТКАНЫХ КОМПОЗИТНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

### **WOVEN COMPOSITE TEXTILE MATERIALS**

Г.И. Толубеева, Е.Н. Калинин, В.Б. Кузнецов, Т.Ю. Карева  
G.I. Tolubeeva, E.N. Kalinin, V.B. Kuznetsov, T.U. Kareva

Ивановский государственный политехнический университет  
Ivanovo State Polytechnic University  
E-mail: kuznetsovtex@gmail.com

Рассмотрены вопросы конструирования тканых композитных многослойных текстильных материалов, объединяющих в единой структуре синтетические и природные волокна, которые могут быть использованы при производстве одежды специального назначения, технических целей, геотекстиля, бытовых изделий, в качестве армирующих основ. Предложена конструкция двухслойной ткани, содержащей полиэфирные и хлопковые и льняные волокна. Получено положительное решение по заявке на получение патента РФ.

**Ключевые слова:** многослойные ткани; полиэфирные; хлопчатобумажные; льняные; хлопко-льняные нити; атласное; сатиновое переплетения.

The questions of designing woven composite multilayer textile materials were considered, uniting in a single structure synthetic and natural fibers that can be used in the production of special-purpose clothing, technical purposes, geotextiles, household products, as reinforcement bases. The two-layer fabric comprising polyester, cotton and linen fibers was suggested. Received a positive decision on the application for a patent of the Russian Federation.

**Keywords:** multilayer fabrics; polyester, cotton; linen; cotton-linen threads; satin; satin weave.

Производство композитных тканых текстильных материалов является в последние годы одним из перспективных направлений развития технического текстиля как в мире, так и в нашей стране.

Особенно привлекательным в этом плане представляется объединение в единой ткацкой структуре синтетических и природных волокон. Обладая различным набором качеств и свойств, они позволяют создать различные по назначению и характеристикам материалы специального и технического назначения [1].

Из всего многообразия текстильных материалов подобного типа следует отметить многослойные ткани. Область их применения чрезвычайно широка – они могут использоваться для производства одежды специального назначения, технических целей, геотекстиля, бытовых изделий, в качестве армирующей основы.

При этом необходимо отметить тенденции, которые свидетельствуют в пользу использования полиэфирной пряжи и нитей при создании такого ассортимента композитных материалов.

Во-первых, постоянный рост выпуска текстильного полиэфира в объёме мирового производства синтетических волокон и нитей.

Во-вторых, планируемое в Ивановской области строительство производства и организация выпуска полиэфирного волокна.

В связи с этим целесообразно рассмотреть возможность изготовления тканевых многослойных композитных структур, в которых одной компонентой является полиэфирная нить, а другой – пряжа из натуральных хлопковых или льняных волокон.

Оценивая в целом результаты выполненного патентного поиска представляется интересным для проведения исследований остановиться на рассмотрении возможности разработки многослойных тканей специального назначения, вырабатываемых из синтетических и природных волокон.

Выбор этого ассортимента обусловлен тем, что на его основе может быть создана линейка тканей, обладающих полифункциональными эксплуатационными свойствами.

Варьируя сырьевой состав, переплетения, поверхностную плотность, воздухо- и водопроницаемость, износостойкость, жесткость и формоустойчивость появляется возможность выработки многослойных структур одновременно используемых, например, для создания специальной защитной одежды или фильтровального назначения [2].

Учитывая вышеизложенное, была исследована возможность создания многослойных тканей (с количеством слоев не более 2-х) на основе пряжи из полиэфирных, хлопковых, льняных и хлопко-льняных волокон.

Выработка опытных образцов тканей осуществлялась на отечественным текстильным оборудованием. В состав технологической цепочки входили все переходы ткацкого производства: мотальное, сновальное, автоматические ткацкие станки АТТ-140, оборудование для разбраковки готовой продукции.

Имеющиеся технологические и технические возможности позволяют осуществлять выпуск одно и многослойных тканей специального назначения в широком диапазоне поверхностных плотностей от 80 до 850 г/м<sup>2</sup> с использованием пряжи из полиэфирных, хлопчатобумажных, льняных, различных минеральных и синтетических волокон.

Разработана двухсторонняя ткань, лицевая сторона которой получена на базе четырехнитного атласа, а изнаночная – четырехнитного сатина, причем опорная поверхность верхнего слоя сформирована износостойкими полиэфирными кручеными нитями основы, а нижнего слоя – льняными, хлопко-льняными или хлопчатобумажными одиночными нитями утка. Основа нижнего слоя выполнена полиэфирными нитями, а нити верхнего утка представлены кручеными полиэфирными нитями.

Переплетение предлагаемой ткани представлено на рис. 1а, разрез по первым нитям основы - на рис. 1б, разрез по первым нитям утка - на рис. 1в.

Базовое переплетение лицевой стороны верхнего слоя атлас 4/1,2,3 представлено на рис. 2а, базовое переплетение внешней стороны нижнего слоя сатин 4/1,2,3 – на рис.2б, переплетение внутренней стороны нижнего слоя – на рис. 2в.

Изготовленные модельные образцы были испытаны по ряду эксплуатационных показателей в Центре испытаний и экспертизы потребительских товаров ИВГПУ. В таблице приведены полученные результаты.

Таблица 1

Показатели	Варианты ткани		
	Лен/ПЭФ	Лен+хл/ПЭФ	Хл/ПЭФ
Стойкость к истиранию, циклы	20703	23702	21358
Воздухопроницаемость, дм <sup>3</sup> /м <sup>2</sup> с	391	283	240
Водопроницаемость, л/см <sup>2</sup>	0,53	0,28	0,32
Водоупорность, мм.вод.ст.	160	159	167
Количество пиллей на 10 см <sup>2</sup> при 7740 циклах движения	6	2	9



Предлагаемая ткань имеет улучшенные эксплуатационные характеристики за счет значительного увеличения стойкости к истиранию по плоскости вследствие того, что она выполнена двухсторонней с базовым атласным переплетением верхнего слоя, обеспечивающим застилистость его лицевой стороны с формированием опорной поверхности лицевого слоя износостойкими полиэфирными нитями.

Представленные данные свидетельствуют, что модельные образцы обладают хорошей воздухопроницаемостью, удовлетворительной водоупорностью и отличной стойкостью к истиранию. При этом пиллингуемость образцов невысока, что благоприятно сказывается на внешнем виде изделия, не ухудшая его эстетическое восприятие. Следует отметить, что прочностные показатели модельных образцов чрезвычайно высоки и превышают  $350 \text{ Н/м}^2$ .

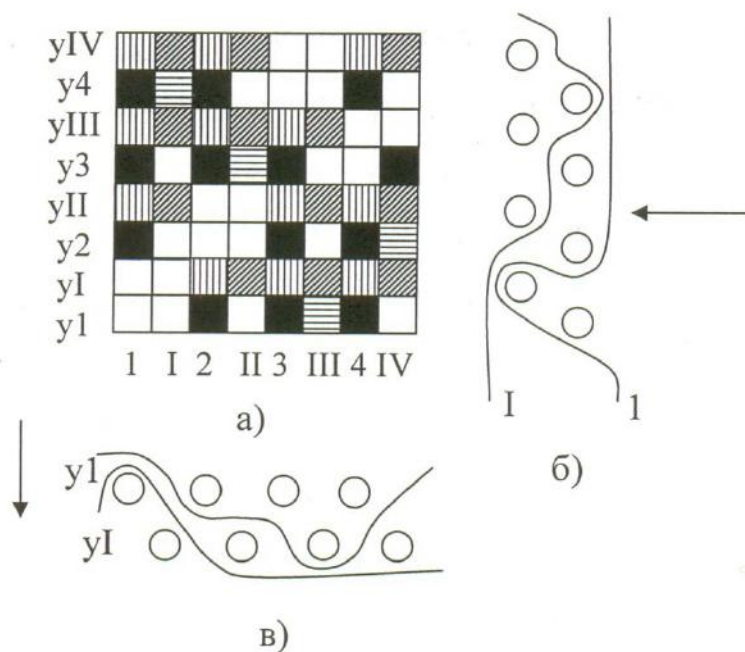


Рис. 1

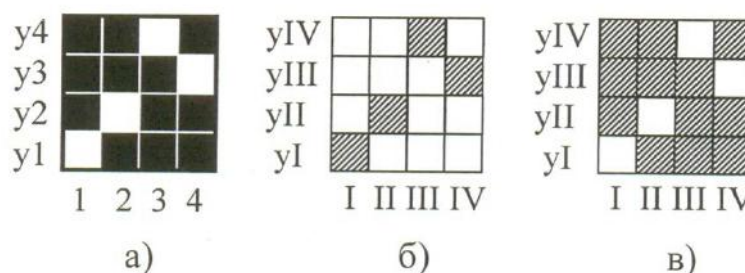


Рис. 2

Полученные физико-механические показатели тканей разработанных структур предполагают возможность их использования в качестве текстильных композитных материалов технического и специального назначения: для изготовления специальной одежды, фильтровальных материалов, транспортерных лент, армирующих основ.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Башкова Г.В. Анизотропия структуры и свойств ниточных наполнителей композитов /Г.В. Башкова, Г.И. Чистобородов, А.П. Башков, Д.А. Алешина, И.Ю. Натерышев // Изв. Вузов. Технология текстильной промышленности. – 2010. - №7 . – с.80 – 85.

2.Бенецкая В.В. Моделирование структуры тканей / В.В. Бенецкая, В.Ю. Селиверстов, А.М. Киселев, П.Н. Рудовский, М.В. Киселев // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013. - №3 (341). – с. 23 – 28.

УДК 677.027.6

## **ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ ПРИМЕНЕНИЯ ИСТОЧНИКОВ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ В ТЕКСТИЛЬНОМ ОТДЕЛОЧНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ\***

### **PROSPECTS OF APPLICATION OF HIGH ENERGY SOURCES IN TEXTILE FINISHING PRODUCTION\***

О.Г. Циркина<sup>1</sup>, Е.Л. Владимирцева<sup>2</sup>, Л.В. Шарнина<sup>2</sup>, В.Е. Румянцева<sup>1</sup>  
O.G. Tsirkina<sup>1</sup>, E.L. Vladimirtseva<sup>2</sup>, L.V. Sharnina<sup>2</sup>, V.E. Rumiantseva<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ивановский государственный политехнический университет

<sup>2</sup>Ивановский государственный химико-технологический университет

<sup>1</sup>Ivanovo State Polytechnic University

<sup>2</sup>Ivanovo State University of Chemistry and Technology

E-mail: ogtsirkina@mail.ru, vladimirtseva@mail.ru, sharnina51@mail.ru,  
varrym@gmail.com

Предложены способы интенсификации гидрофобной заключительной отделки целлюлозосодержащих текстильных материалов с применением низкотемпературной плазмы тлеющего разряда (НТП) и/или токов высокой частоты (ТВЧ). Отмечено, что кратковременная активация материалов НТП повышает гидрофильность суровых тканей и улучшает их сорбционные свойства, применение ВЧ-полей позволяет повысить степень фиксации отделочных препаратов на волокне за счет более полного прохождения реакции связывания и полимеризации, что заметно повышает качественные характеристики отделки.

Ключевые слова: низкотемпературная плазма тлеющего разряда (НТП); токи высокой частоты (ТВЧ); текстильные материалы; заключительная отделка.

In the given work ways of an intensification of final furnish processes of fabrics are offered at use of material dielectric heating in a field of high frequency fields (HF) and/or with its preliminary processing in low temperature plasma environment of decaying category (LTP). It is marked that short-term activation of low temperature plasma raising on textile material's wetting property, facilitates the subsequent impregnation by its finishing structures. It is proved, that application of high frequency fields considerably allows to increase a degree of finishing preparation's fixing on a fibre for the account of more full course of cross linking reactions and resinifications. The qualitative characteristics of finishing materials are considerably raises.

Keywords: low temperature plasma (LTP); high frequency fields (HF); textile materials; final furnish.

Решение задачи модернизации Российской текстильной отрасли и повышения ее конкурентоспособности на мировом рынке невозможно без внедрения в производство современных наукоемких технологий, реализуемых с использованием высокотехнологичного оборудования. Использование новых, нетрадиционных для текстильной промышленности процессов, позволяющих комплексно модифицировать свойства материалов, снизить или исключить потребление экологически опасных химикатов, уменьшить промышленные выбросы и сократить производственные расходы, может иметь хорошую перспективу для внедрения в отделочное производство. Примером может служить использование в процессах заключительной отделки текстильных материалов источников высокой энергии, таких как ВЧ-излучение и низкотемпературная плазма (НТП) для замены традиционных технологических операций.

Эффективность применения плазменного оборудования для реализации заключительной отделки обусловлена тем, что большой ассортимент текстильных

материалов не нуждается в проведении полного цикла подготовки. Например, целому ряду тканей технического назначения необходимо придать лишь временную гидрофильность. Обычно эти материалы имеют высокую поверхностную плотность и в суровом виде практически не смачиваются водой, поэтому равномерное нанесение на них как красителей, так и отделочных препаратов сопряжено с большими трудностями и требует проведения определенных подготовительных операций (расшлихтовка, отварка), что неизбежно вызывает дополнительные расходы, воды, пара, электроэнергии, химматериалов. Обработка их НТП в течение 30-50 с решает проблему пропитки, поскольку позволяет повысить гидрофильность тканей до уровня, свойственного материалам, прошедшим полный цикл подготовки [1, с.49-57; 2, с.49-54].

На рис. 1 представлены результаты придания водостойкости текстильным материалам, отличающимся составом и поверхностной плотностью: саржа арт.6915, хлопок, 260 г/м<sup>2</sup>; плащевая диагональ арт. 3030, хлопок:ПЭТФ 75:25, 237 г/м<sup>2</sup>; парусина полульняная арт.7, лен:хлопок:ПЭТФ 60:35:5, 300 г/м<sup>2</sup>, после аппретирования композициями для водоотталкивающей отделки (ВО) отечественного и импортного производства. Водостойкость определялась методом Шоппера по времени появления первых трех капель воды [3, с.56]. В общем случае можно отметить, что при оптимальных условиях плазменная активация тканей перед аппретированием позволяет на 10–30 % улучшить эффект гидрофобизации.

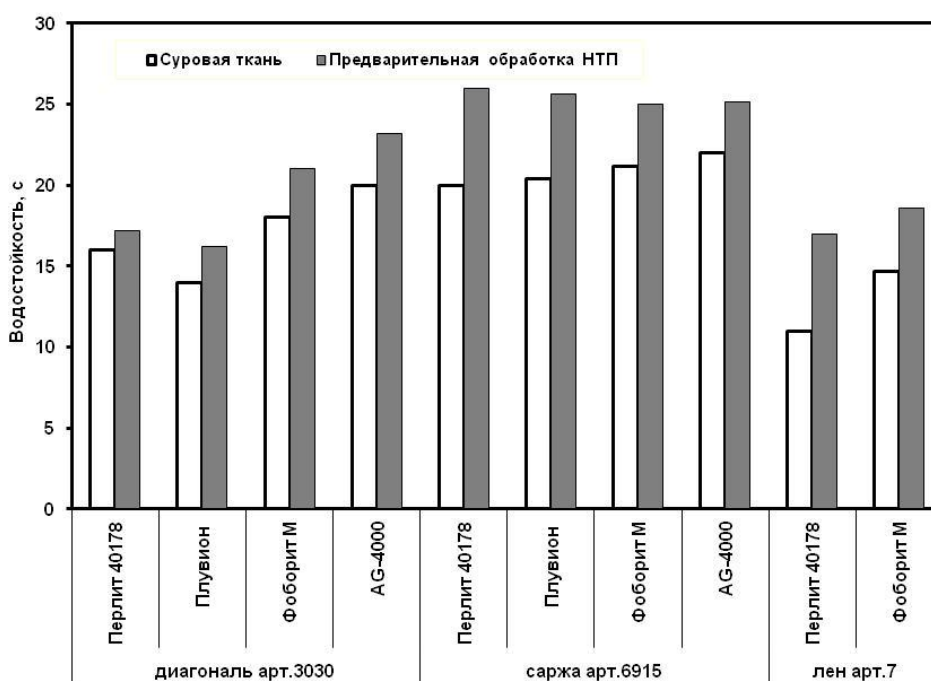


Рис. 1 Водостойкость текстильных материалов

Вместе с тем, оценивая эффект лишь с позиций повышения гидрофобности, нельзя было бы рекомендовать включение плазмы в технологическую цепочку, поскольку величина этого эффекта не столь ощутима. Несомненным преимуществом использования плазменной установки является возможность совмещения операции крашения и отделки для тканей этого ассортимента. При этом можно получать продукцию высокого качества при замене длительного процесса предварительной подготовки кратковременной активацией, позволяющей улучшить сорбционные свойства материала и таким образом повысить качественные характеристики окрасок. Как видно из рис. 2, при повышении интенсивности окраски на 1-2 ед. коэффициент вариации равномерности окраски снижается в 2-2,5 раза и неровнота визуально практически не фиксируется. Таким образом, включение стадии

плазменной обработки в технологическую цепочку заключительной отделки тканей, совмещенной с крашением, позволяет решить проблему пропитки и неровноты окрасок.

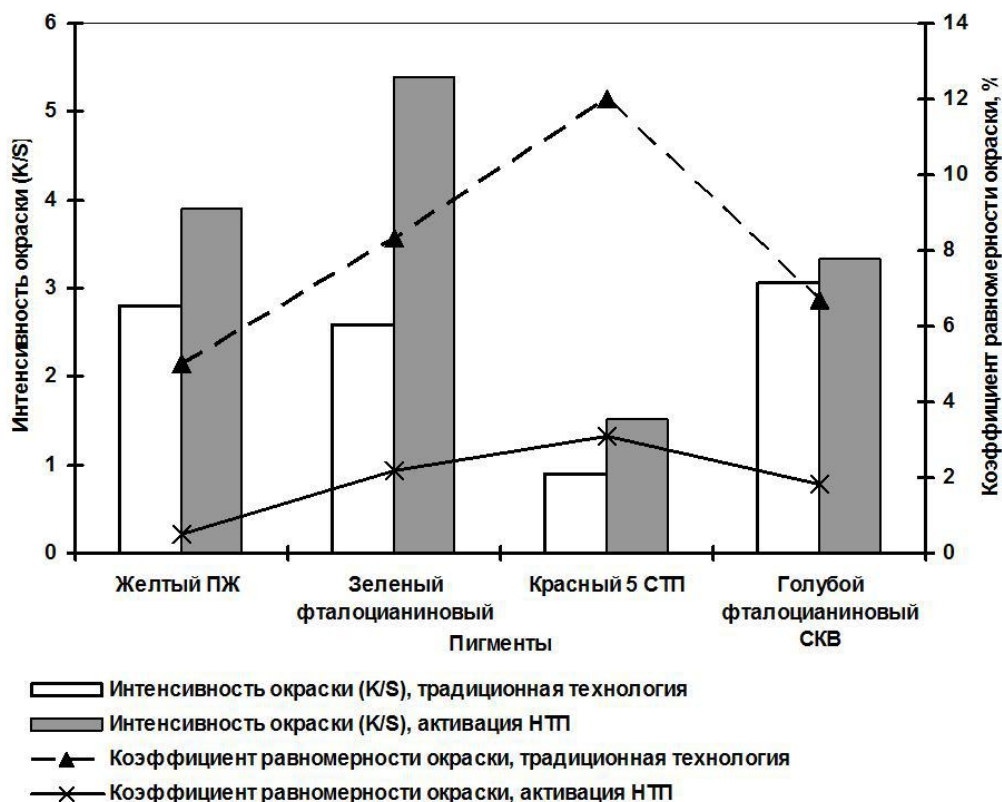


Рис.2 Цветовые характеристики текстильных материалов после одновременного крашения и отделки ВО

Другая, не менее важная проблема полной фиксации наносимых аппретов может быть решена за счет использования ВЧ-обработки. В самом принципе высокочастотной обработки заложен автоматизм поддержания равномерности влагосодержания и температуры обрабатываемой ткани, что приводит к улучшению качественных показателей отделки. Высокочастотный нагрев текстильных материалов осуществляется при помещении обрабатываемого образца в электромагнитное поле, создаваемое специальным устройством – аппликатором, адаптированным к геометрии обрабатываемых изделий. Материал нагревается избирательно только в тех местах, где присутствует влага, причем происходит равномерное прогревание и испарение влаги по всей глубине текстильного полотна.

При оценке эффективности ВЧ-обработки для фиксации препаратов для ВО, нами был изучен процесс диффузионного проникновения гидрофобизатора в целлюлозный полимер в поле ТВЧ. Для обработки материала использовали лабораторную установку для генерации ВЧ-поля с частотой 40 МГц. При моделировании диффузионных процессов были изготовлены многослойные целлофановые мембраны с питающей подложкой, которые помещались в высокочастотный аппликатор и обрабатывались в ВЧ-поле 20 секунд. Распределение препарата по слоям мембраны определяли по содержанию общего формальдегида в материале (рис.3) [4, с.156-158]. Эталонном сравнения служили аппретированные образцы, которые высушивались конвективным способом и подвергались термообработке в течение 3 мин при температуре 150<sup>0</sup>С.

Полученные результаты показали, что глубина проникновения отделочного препарата при фиксации в ВЧ-поле практически не отличается от термофиксационного способа. Технологический эффект обуславливает заметное сокращение времени обработки. Процесс фиксации гидрофобизатора на ткани под действием ВЧ-нагрева протекает со скоростью в десятки раз превышающей скорость процесса при традиционных способах подвода тепла [5, с.72-74].

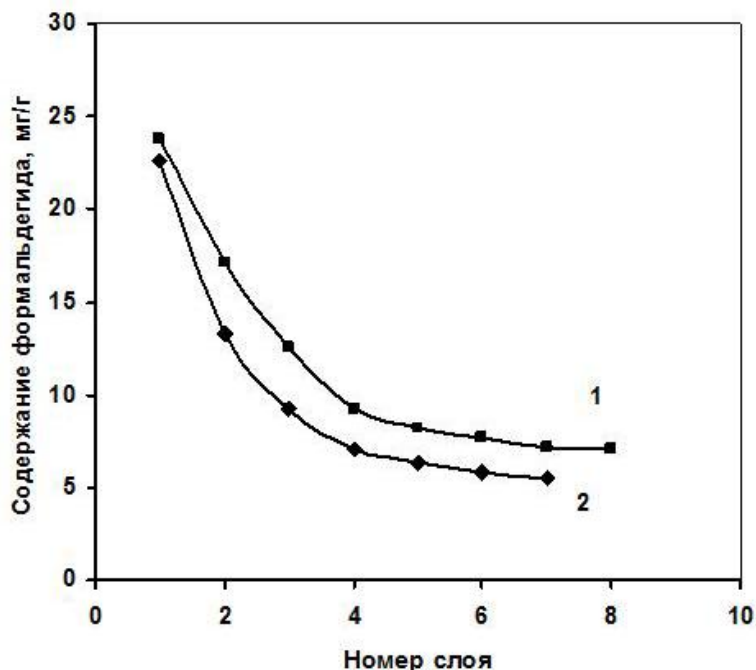


Рис.3 Глубина проникновения отделочного препарата по слоям мембраны

Оптимальное время обработки в этом случае составляет 6 сек. При этом несколько улучшается качество отделки, что, вероятно связано с более равномерным прогревом материала по всему объему. Водостойкость материала возрастает в 1,2 – 1,5 раза в зависимости от вида ткани и типа отделочного препарата (табл. 2).

Таблица 2

Повышение водостойкости текстильных материалов при использовании ВЧ-фиксации

Обработка	диагональ арт.3030			саржа арт.6915			Парусина п/льняная арт.7	
	Перлит 40178	Фоборит М	AG-4000	Перлит 40178	Фоборит М	AG-4000	Перлит 40178	Фоборит М
Термофиксация	16	18	20	20	21,19	22	11	14,7
ВЧ-фиксация	17,2	21	23,2	26	25	25,1	17	18,58
Отн. прирост, %	7,5	16,7	16,0	30,0	18,0	14,1	54,5	26,4

Использование ВЧ-фиксации в технологии ВО возможно при модификации существующей цепочки заключительной отделки. Традиционно для этого используется линии заключительной отделки типа ЛЗО-2, на которой ткань подвергается пропитке аппретами, подсушке, исправлению перекоса утка, ширению, сушке, каландрированию и термической обработке.

Использование высокочастотной технологии позволяет отказаться от стадии подсушки ткани после пропитки ее технологическим раствором, также полностью отпадает необходимость в сушильно-барабанной машине. Внесенные изменения сокращают размеры

линии заключительной отделки. Введенная в линию высокочастотная установка по скорости движения ткани легко согласуется со скоростью работы остального оборудования, поскольку, изменяя принцип заправки полотна, можно регулировать продолжительность воздействия на него электромагнитного излучения.

Таким образом, одним из наиболее действенных путей повышения эффективности и культуры производства можно считать практическое применение плазменной активации и ВЧ-обработки в технологии заключительной гидрофобной отделки технических тканей с целью интенсификации процессов, снижения материальных и энергетических затрат на их осуществление и улучшения качества готовой продукции.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Владимирцева Е.Л., Шарнина Л.В., Блиничева И.Б., Мельников Б.Н. Современные способы подготовки текстильных материалов // Изв.вузов. Технология текстильной промышленности. 1998. № 5. С. 49-57.
2. Владимирцева Е.Л., Шарнина Л.В., Циркина О.Г. Заключительная отделка гидрофобных тканей. Решение проблем пропитки и фиксации аппрета // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2009. № 5. С. 49-54.
3. Методики анализа в текстильной химии /Е.Л.Владимирцева [и др.]. Иваново. 2007. 93 с.
4. Отделка хлопчатобумажных тканей. Ч.1: Технология и ассортимент хлопчатобумажных тканей. Справочник / Под. Ред. Мельникова Б.Н. М.: Легпромбытиздат, 1991. 432 с.
5. Кулыгин Ю.Н., Циркина О.Г., Никифоров А.Л., Мельников Б.Н. Особенности энергетики технологических процессов облагораживания целлюлозосодержащих тканей в СВЧ/ВЧ-полях. / Изв.вузов. Технология текстильной промышленности. 2007. № 2. С. 72-74.

*\*Работа выполнена в соответствии с  
Государственным заданием Министерства образования и науки РФ*

УДК 661.882.222: 677.027.52

### НАНОРАЗМЕРНЫЕ СИСТЕМЫ В ПРОЦЕССАХ ОТДЕЛКИ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

### NANO-SIZE SYSTEMS IN THE PROCESSES OF FINISHING TEXTILE MATERIALS

Т.А. Пантелеева, Л.А. Жук, В.В. Жидкова, Н.В. Дашченко, А.М. Киселев  
T.A. Panteleeva, L.A. Zhuk, V.V. Zhidkova, N.V. Dashchenko, A.M. Kiselev

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

**В статье рассмотрены способы получения наноразмерных интерференционных пигментов на основе диоксида титана, приведены методы оценки их фотокаталитических свойств. Установлено влияние природы интерференционного пигмента на фотокаталитические свойства текстильных материалов с пигментным печатным рисунком.**

**Ключевые слова:** интерференционные пигменты; диоксид титана; фотокаталитические свойства; нанотехнологии.

**In the article methods of obtaining nanoscale interference pigments based on titanium dioxide are considered, methods for evaluating their photocatalytic properties are given. The influence of the nature of the interference pigment on the photocatalytic properties of textile materials with a pigmented printed pattern is found.**

**Keywords:** interference pigments; titanium dioxide; photocatalytic properties; nanotechnologies.

Среди современных и перспективных направлений в развитии процессов производства материалов текстильной и легкой промышленности является создание научно обоснованных технологий, основывающихся на использовании наноразмерных соединений и препаратов.

Нанотехнологии ориентированы на манипуляцию отдельными атомами с возможностью получения молекулярных структур с максимально точным построением. Это является принципиальным отличием нанотехнологий от общеизвестных технологий, базирующихся на микро-и макроуровнях. Раскрытие закономерностей манипулирования атомами и молекулами веществ – одна из главных задач молекулярной нанотехнологии.

Актуальные области применения нанотехнологий в текстильной промышленности можно разделить на три группы: улучшение свойств материалов с помощью нанопрепаратов и нанопокровтий, внедрение в них электронных компонентов и микроэлектромеханических систем (мэмс), гибридизация текстильных материалов и биомиметических объектов.

В структуру любого химического волокна на стадии приготовления раствора или расплава волокнообразующего полимера можно вносить частицы наполнителя, имеющие размеры в нанометровом диапазоне. В зависимости от химической природы наночастиц наполнителя можно получать волокна с разными свойствами (высокая механическая прочность, электропроводность, фотоактивность, антимикробные, сенсорные свойства, чувствительность к изменению температуры и т.д.). Отсюда определяются и потенциальные области применения: потребности силовых структур, спорт, медицина, домашний текстиль, одежда.

Помимо этого придание текстильным материалам специальных свойств может осуществляться путем нанесения нанопрепаратов или напокровтий на поверхность материалов.

Отсюда следует, что колорирование и заключительная отделка текстильных материалов являются важными областями использования нанотехнологий в текстильной промышленности – это.

Пигментная печать представляет собой большой интерес с точки зрения достижения высоких колористических качеств напечатанных тканей. Интерференционные наноразмерные пигменты на основе  $\text{SiO}_2/\text{TiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$  обладают характерным блеском, яркостью и «радужным» эффектом, что связано с особенностью их строения. Частички интерференционного пигмента — это прозрачные и тонкие пластинки с высоким коэффициентом преломления, частично отражающие и частично пропускающие свет, что зрительно создает эффект глубины восприятия окраски.

Поскольку степень фиксации пигментных красителей близка к 100%, то после термообработки не требуется промывка, что существенно упрощает весь технологический цикл крашения или печатания; повышается экологичность технологии, так как нет сточных вод.

В связи со специфическим механизмом фиксации в пигментном крашении и печатании, пленкообразующий препарат определяет качество окраски и в первую очередь ее устойчивость в условиях эксплуатации.

В отделочном производстве текстильной промышленности постоянно сталкиваются с проблемами экологии производства, с задачами по сокращению использования природных и энергетических ресурсов, поскольку в технологиях колорирования и заключительной отделки тканей используются токсичные химические вещества и красители при высоких показателях расхода воды и электроэнергии. Создание малозатратных, ресурсосберегающих и экологически безопасных технологий колорирования с возможностью совмещения с заключительной отделкой на основе нанотехнологий является актуальной научной задачей, решение которой имеет большое практическое значение. В связи с появлением наноразмерных препаратов и интерференционных пигментов с особым строением и свойствами становится возможным решение данной актуальной проблемы.

Для получения наночастиц  $\text{TiO}_2$  используют такие методы, как гидротермальный, сольвотермический, золь-гель технология, прямое окисление, химическое осаждение из паровой фазы (CVD), электроосаждение, сонохимический и микроволновой. В настоящей работе для получения наночастиц  $\text{TiO}_2$  использовался золь-гель метод с помощью гидролиза прекурсоров титана. В качестве прекурсора использовался алкоксид титана или тетрахлорид титана. На первой стадии для получения основы интерференционного пигмента – частиц  $\text{SiO}_2$  раствор силиката натрия наносили на непрерывную пленку из полиэтилентерефталата с последующей сушкой и осаждением частиц  $\text{SiO}_2$  с использованием соляной кислоты. Полученные частицы слюды промывали до нейтральной реакции, отфильтровывали и высушивали. На второй стадии золь-гель процесса при интенсивном перемешивании проводили гидролиз тетрахлорида титана с нанесением на частицы слюды золя частиц гидроксидов, толщина слоя которых не превышает несколько десятков нанометров.

В настоящее время допирование структуры диоксида титана другими элементами является наиболее перспективным подходом для модифицирования  $\text{TiO}_2$ . Оно позволяет расширить спектр поглощения  $\text{TiO}_2$ , а также повысить его фотокаталитическую активность. Для допирования полученных частиц  $\text{TiO}_2$  использовали послойное осаждение частиц  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  с получением многослойных наноразмерных пигментов  $\text{SiO}_2/\text{TiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

На второй стадии коллоидные частицы отстаивались и фильтровались с последующей сушкой и обжигом при температурах от 400 до 800 °С для удаления воды, сопровождающейся полиморфным превращением диоксида титана «анатаз – рутил». Установлено, что в зависимости от температуры прокаливания изменяются колористические свойства полученных пигментов (рис. 1).

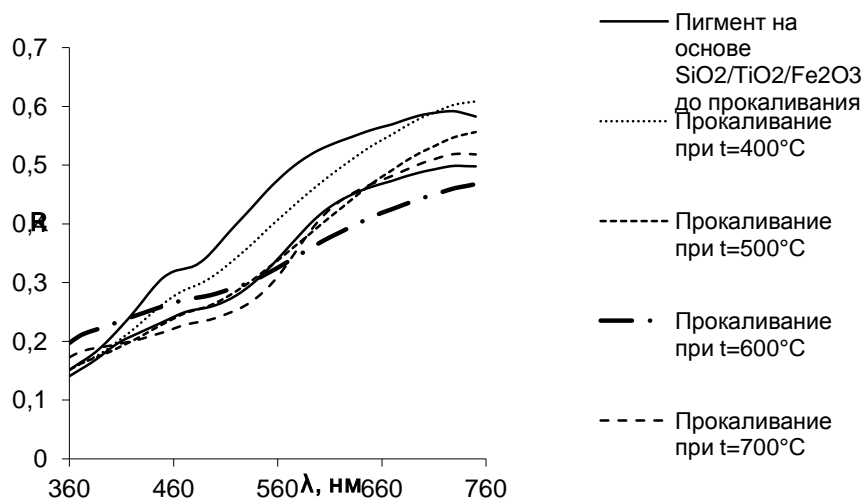


Рис. 1 Спектры отражения синтезированных пигментов на основе  $\text{SiO}_2/\text{TiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$

Суть фотокаталитического процесса окисления органических соединений состоит в следующем: под действием световой энергии в частицах  $\text{TiO}_2$  образуются электрон-дырочные пары. Дырки, при выходе на поверхность частицы, вступают во взаимодействие с донором электронов или с гидроксил ионами с образованием сильных окислителей таких, как гидроксильные или супероксидные радикалы. В свою очередь, электроны проводимости, выходя на поверхность  $\text{TiO}_2$ , взаимодействуют с кислородом, что приводит к образованию супероксид-анион-радикала  $\text{O}_2^-$ , электрон может также взаимодействовать с органическими веществами, которые выступают в роли акцепторов электронов. Образование такого рода частиц придает поверхности  $\text{TiO}_2$  сильные окислительные свойства, что позволяет проводить минерализацию вредных веществ путем их фотокаталитического окисления до  $\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{CO}_2$ . На рисунке 2 показана схема образования таких окислителей на поверхности  $\text{TiO}_2$  под действием световой энергии.



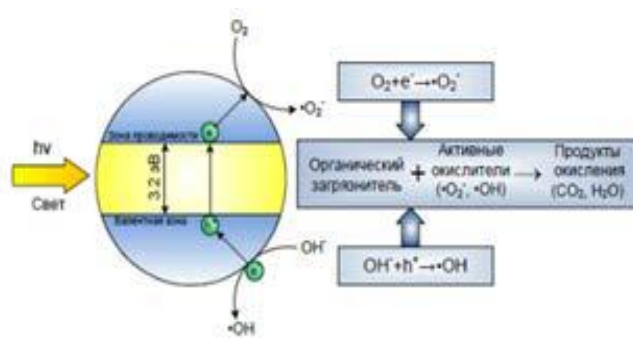


Рис. 2 Схема образования частиц  $\text{OH}\cdot$ ,  $\text{O}_2^{\cdot-}$  на поверхности  $\text{TiO}_2$  под действием света

Радикальная частица  $\text{OH}\cdot$  является очень сильным окислителем (стандартный окислительно-восстановительный потенциал 2,8 В), что позволяет окислять большинство органических веществ до низкомолекулярных веществ.

Более того, материалы на основе  $\text{TiO}_2$ , обладающие супергидрофильными свойствами, помогают быстрому и полному стеканию капель воды по поверхности, что также способствует более эффективному удалению загрязнений (рисунок 3).

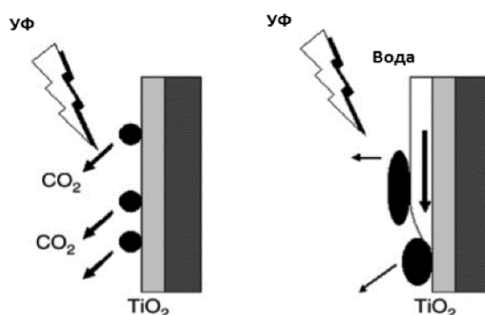


Рис. 3 Схематичное представление процесса удаления загрязнений на самоочищающихся покрытиях

В литературе имеются данные о реакциях, в которых обе кристаллические фазы проявляют одинаковую активность, а также содержатся сведения о более высокой активности рутила. Кроме того, есть работы, в которых авторы утверждают, что смесь анатаза (70 - 75 %) и рутила (30 - 25 %) является более активным фотокатализатором, чем чистый анатаз. Расхождение этих данных может быть связано с различными факторами, такими как удельная площадь поверхности, размер пор и кристаллитов, способ получения, а также с тем, в какой форме выражена активность.

Нанесение наночастиц  $\text{TiO}_2$  на текстильные материалы осуществляют методом аппретирования с последующей сушкой и термофиксацией, ультразвуковым напылением, методом электростатической самосборки (electrostatic self-assembly), шелкотрафаретными сетчатыми шаблонами, прямым нанесением раклей (шпредингование), золь-гель методом и магнитным распылением, а также техникой Ленгмюра – Блуджетт (метод формирования моно- и мультимолекулярных пленок на поверхности твердой подложки).

Наиболее эффективным способом нанесения наночастиц  $\text{TiO}_2$  с точки зрения стоимости и технологической простоты является аппретирование. Однако, при получении наноразмерных частиц диоксида титана в золь-гель процессе в системе образуются гидроксиды титана, а оксиды – при термическом обжиге, проводимом при температурах от 400 до 800 °С, что недопустимо при обработке текстильных материалов. Поэтому полученные и прокаленные наноразмерные пигменты наносили на поверхность текстильных материалов способом печати. Поскольку в процессе взаимодействия  $\text{TiO}_2$  с волокнами лучшей для его фиксации является карбоксильная группа, для нанесения наночастиц

пигмента использовалась акриловая печатная композиция, содержащая акриловый загуститель с карбоксильными группами. Карбоксильные группы могут быть связаны по моодентатной схеме с образованием сложного эфира, или каждый из двух атомов кислорода может связываться либо с одним атомом Ti (образование бидентатного хелата), либо с двумя атомами Ti (бидентатный мостик). Кроме того, они могут взаимодействовать с поверхностью TiO<sub>2</sub> за счет образования водородных связей либо с поверхностно связанной гидроксильной группой и / или атомом кислорода решетки. Таким образом, введение дополнительных карбоксильных групп в виде акрилового загустителя будет способствовать увеличению степени фиксации на них наночастиц TiO<sub>2</sub>.

В результате проведенных исследований установлено, что закрепление пигментов на текстильном материале в пленке связующей композиции снижает их фотокаталитический эффект. Так, например, пигменты в свободном состоянии обесцвечивают весь модельный раствор красителя метиленового голубого за 20 минут, причем наилучшими фотокаталитическими свойствами обладает пигмент, состоящий из наночастиц SiO<sub>2</sub>/TiO<sub>2</sub>. После нанесения на текстильный материал интерференционные пигменты снижают свою фотокаталитическую активность, и, для достижения аналогичных результатов по обесцвечиванию, требуется уже не менее 60 мин. Установлено, что наиболее сильное влияние на снижение фотокаталитических свойств оказывает связующее, поскольку пленка, образующаяся на поверхности текстильного материала после полимеризации латекса, препятствует контакту раствора метиленового голубого с наноразмерным интерференционным пигментом.

Выявлено, что образцы, обработанные TiO<sub>2</sub> / SiO<sub>2</sub> обладают более высокой фотокаталитической активностью, чем ткани, обработанные TiO<sub>2</sub>. Эта повышенная фотоактивность связана с меньшим размером наночастиц, существованием связи Si-O-Ti, повышенной гидрофильностью и высоким показателем поглощения УФ-излучения TiO<sub>2</sub>/SiO<sub>2</sub> в зависимости от размера частиц.

Для оценки влияния природы наноразмерного пигмента на его фотокаталитическую активность потребовалась разработка принципиально новой методики оценки таких свойств.

Фотокаталитическую активность интерференционных пигментов на основе оксидов SiO<sub>2</sub>/TiO<sub>2</sub>, SiO<sub>2</sub>/TiO<sub>2</sub>/Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>/Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> тестировали в реакции разложения органического красителя метиленового голубого и неорганического пигментно-масляного загрязнителя, содержащего сажу (по ГОСТ 22567.15-95). Для эксперимента навеску пигмента 25 мг наносили на ткань в составе акриловой печатной композиции (связующее + загуститель), сушили и термофиксировали, затем помещали в водный раствор метиленового голубого (МГ) с концентрацией 20 мг/л и в приготовленный пигментно-масляный раствор (ПМЗ). Раствор выдерживали с образцом в темноте до достижения сорбционного равновесия. После образец высушивали и облучали УФ-излучением, в качестве источника которого использовали ртутную лампу низкого давления УФО-2 мощностью 125 Вт. В течение 400 мин, с интервалом 30 мин, с последующим снятием спектра отражения облученных образцов и определением значений интенсивности окраски (по функции Гуревича – Кубелки - Мунка) (рис. 4).

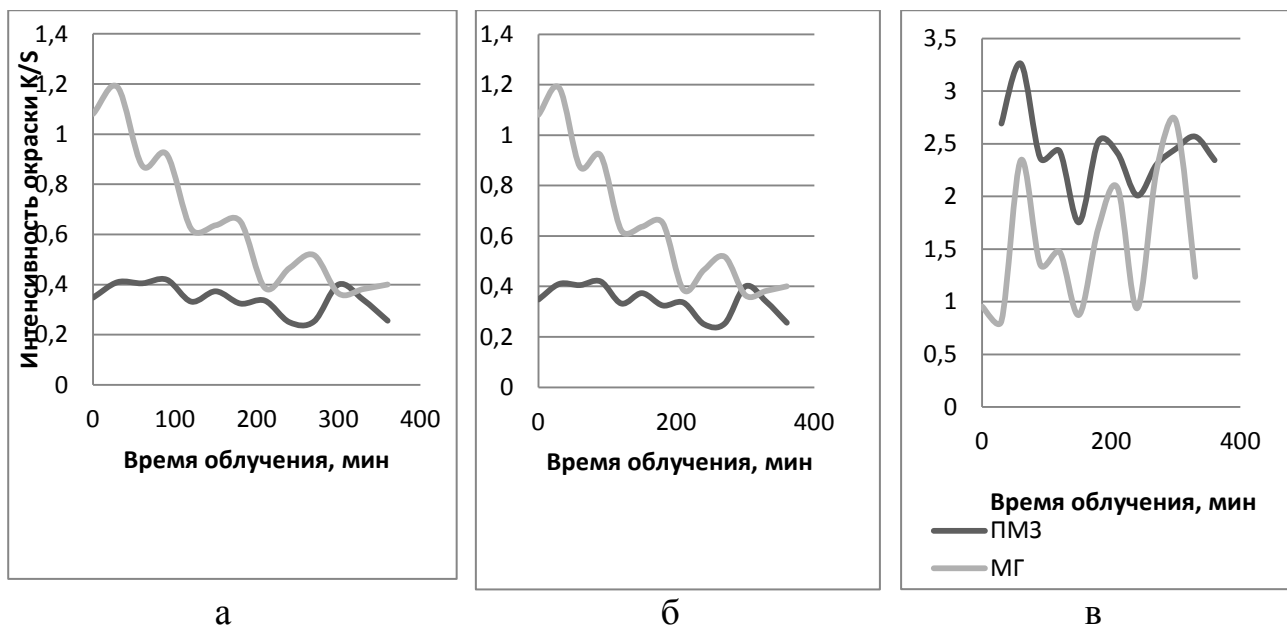


Рис. 4 Изменение интенсивности окраски образцов в зависимости от продолжительности УФ-облучения

В результате проведенных исследований установлено, что органический краситель МГ подвергается значительной фотоокислительной деструкции в отличие от неорганического загрязнителя (ПМЗ). В наибольшей степени разлагает органический краситель серебристый пигмент на основе оксидов  $\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$ , в меньшей степени комбинированный пигмент на основе оксидов  $\text{SiO}_2/\text{TiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Не разлагает органический модельный загрязнитель пигмент бронзовой серии на основе  $\text{SiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

Выводы:

- 1) С использованием принципиально новой методики оценки фотокаталитического эффекта интерференционных пигментов на основе наноразмерного диоксида титана установлено влияние природы интерференционного пигмента на фотокаталитический эффект.
- 2) Показана принципиальная возможность построения совмещенной технологии пигментной печати и отделки (самоочистения поверхности) текстильных материалов с использованием наноразмерных интерференционных пигментов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Жидкова В.В. Интерференционные пигменты нового поколения и их применение для колорирования текстильных материалов //Вестник молодых ученых СПГУТД.- 2014, № 1.- с. 16-23.
2. Дашенко Н.В., Жидкова В.В., Киселев А.М., Демидов А.В. Оценка размера частиц интерференционных пигментов и его влияния на качество печати текстильных материалов //Технология легкой пром-сти; сер.: Изв. вузов.- 2013, т.22, № 4.- с. 61-65.
3. Жидкова В.В., Дашенко Н.В. Разработка технологии совмещенного способа вытравной и пигментной печати с использованием неорганических пигментов //Технология легкой пром-сти, сер.: Изв. вузов.-2012, № 3.- с. 95-98.
4. Жидкова В.В., Дашенко Н.В., Киселев А.М. /Состав для печати текстильных материалов //Патент РФ № 2508425; опубл. 27.02.14; бюлл. № 6

## **ОЦЕНКА НАПРЯЖЕННОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ УГЛЕРОДНОЙ ТКАНИ «УРАЛ» НА БЕСЧЕЛНОЧНОМ ТКАЦКОМ СТАНКЕ СТБ**

О.В. Кащеев, М.М. Кащеева  
O.V. Kashcheev, M.M. Kashcheeva

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

**Проанализирована область использования углеродных тканей, дана их характеристика, на аналитическом уровне доказана возможность их изготовления на современном технологическом оборудовании**

**Ключевые слова:** углерод; ткань; параметры; переплетение; свойства; повреждаемость; основа; уток.

**Analyzed the use of carbon fabrics, their characteristics, at the analytical level, a proven ability to manufacture them on modern technological equipment**

**Key words:** carbon; fabric; options; interlocking; property; damage; foundation; ducks.

В настоящее время все большее применение находят технические ткани, которые используются в различных отраслях. В данной работе проведен расчет напряженности заправки ткацкого станка при изготовлении углеродной ткани «Урал». Она сделана на основе вискозной технической нити по специальной технологии, содержание углерода 90 - 99,9 % в зависимости от ассортимента; линейная плотность элементарного волокна 0.05-0.09 текс.

В настоящее время углеродные нити получают на Светлогорском производственном объединении «Химволокно», а ткани в основном изготавливают в Китае. Проблема выпуска тканей в России стоит в настоящее время остро.

Ткани обладают следующими свойствами: Плотность - 1,4 г/см<sup>3</sup> (на 18% легче ПАН-увм); термостойкость в инертной среде до 3000°C; термостойкость в окисляющих средах до 400-450°C; стойкость к электромагнитному, ядерному излучению и радиации; прочность нити 1.2 - 1.5 ГПа; модуль упругости волокна 60 ГПа; химическая стойкость к кислотам, щелочам, растворителям при любых температурах; высокая электропроводность.

Уникальные свойства материала постоянно расширяют применение данной ткани. В настоящее время известно, что она применяется:

- при изготовлении углерод-углеродных композитов (УУКМ);
- для высокотемпературной изоляции при изготовлении пироуглеродных композитов;
- при термозащите, в вакуумных печа, ростовых узлах для монокремния, печа накала для карбид-кремниевых изделий и т.д.;
- при изготовлении антикоррозионных покрытий и футеровке;
- для носителей катализаторов;
- в медицине при изготовлении физиотерапевтических электродов;
- в электрохимии для трехмерных электродов (для осаждения золота, платины, палладия);
- в гидротурбинных и судовых подшипниках скольжения (узлы трения): при изготовлении углепластиков ФУТ и УГЭТ;
- в гибких и жестких электронагревателях;
- при изготовлении электротермических матов;
- для фильтров, используемых в агрессивных средах;

для радиопоглощающих материалов (EMI shielding).  
Характеристика исследуемых тканей дана в таблице 1

Таблица 1

Характеристика тканей

Вид ткани	T-P	T-2	T-8C	T-1	T-0
Плотность ткани, нит/дм, по основе	196	196	280	196	220
по утку	140	130	200	140	160
Линейная плот-ность нитей, текс					
основы	100	100	50	50	35
утка	70	70	70	35	35
Ширина ткани, см	50±5	42±5	50±5	55±5	55±5
Поверхностная плотность ткани, г/м <sup>2</sup>	335±30	300±30	290±30	170±30	120±30
Толщина ткани, мм	0,45-0,65	0,40-0,60	0,33	0,25-0,35	0,14-0,20
Разрывная нагрузка полоски ткани, Н					
по основе	981	900	900	750	500
по утку	343	300	300	250	200
Массовая доля золы, %, макс.	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Удельное поверх- ностное электри- ческое сопротивле-ние, Ом, не более	0,5	0,5	0,5	1,0	1,5
Влажность,%, не более	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Продолжение таблицы 1

Переплетение ткани	Саржа2/2	Полотно	8-ремиз- ный атлас	Саржа2/2	Саржа2/2
Температура карбонизации, °С	1500-2200	1500- 2200	1500-2200	1500-2200	1500-2200

Ткань наматывают на бумажные патроны диаметром не менее 60мм и длиной 700±30 мм. В рулоне должен быть 1 кусок материала. Масса куска для марки А не менее 5кг. Допускается наличие в партии до 10% кусков материала массой не менее 3 кг (для марки А). Рулоны заворачиваются в полиэтиленовую плёнку и укладываются в ящики из гофрокартона.

На рисунке 1 представлен вид некоторых изделий, полученных на основе ткани «Урал».

Для изготовления тканей использована углеродная нить «Урал», которая характеризуется следующими свойствами:

- термостойкость в инертной среде до 3000°С;
- термостойкость в окисляющих средах до 400 – 450°С;
- стойкость к электромагнитному, ядерному излучению и космической радиации;
- содержание углерода 99,9%;
- прочность 1,2 – 1,5 Гпа;
- модуль упругости до 60 Гпа;

высокая эластичность;  
 высокая химическая стойкость к кислотам, щелочам,  
 растворителям даже при высоких температурах;  
 возможность переработки на текстильном оборудовании.



Рис.1. Виды изделий из углеродных тканей

В таблице 2 представлена характеристика используемых нитей.

Таблица 2

Характеристика используемых нитей

	Н-100	Н-70	Н-50	Н-35
Номинальная линейная плотность	100	70	50	35
Число филаментов	3000	2000	1500	1000
Удельная разрывная нагрузка, сН/текс	25	25	25	25
Удлинение при разрыве, %	3	3	3	3
Номинальное сопротивление, Ом/м	510	800	1000	1500
Отклонение фактического сопротивления от номинального Ом/м	50	70	100	120

Содержание золы, %, не более	1	1	1	1
Содержание замасливателя, %	0,8	0,8	0,8	0,8
Число кручений, кр/м	80-120	80-120	80-120	80-120

На рис.2 представлен вид используемых нитей



Рис.2. Углеродная нить

Для оценки напряженности заправки использован критерий длительной прочности В.Москвитина.

Коэффициент повреждаемости нити основы можно рассчитать по следующей формуле:

$$\eta = (m+1) \int_0^t (t-\tau)^m \frac{dt}{t^{1+m} [\sigma(\tau)]},$$

где  $B$ ,  $b$ ,  $m$  – параметры нити (параметр  $m$  учитывает предисторию нагружения;  $t$  – время нагружения;  $\tau$  – текущее время нагружения;  $\sigma$  – напряжение).

В работах [1,2], проводимых в Московском государственном текстильном университете имени А.Н.Косыгина, использован степенной закон, связывающий напряжение нити и время разрушения:

$$t = B\sigma^{-b}$$

Здесь степенную зависимость следует интерпретировать не как физическую закономерность, а лишь как удобную для расчетов аппроксимацию. При использовании критерия Москвитина приходится формулировать условия разрушения в терминах и понятиях сплошной среды, не показывая природы разрушения. В этом случае подход к решению задачи является чисто механическим. Физический смысл величин  $B$  и  $b$  неясен, они просто являются эмпирическими коэффициентами.

С учетом степенной зависимости критерий Москвитина принимает следующий вид

$$\eta = \frac{1+m}{B^{1+m}} \int_0^t (t-\tau) \sigma^{(1+m)b}(\tau) d\tau$$

Напряжение нити равно

$$\sigma = F / S$$

где  $F$  - натяжение нити;  $S$  - площадь сечения нити.

Площадь сечения нити равно

$$S = \frac{\pi d^2}{4}$$

где  $d$  - диаметр нити.

$$d = 0.1c\sqrt{0.1T}$$

где  $c$  - коэффициент, учитывающий род волокнистого состава;  $T$  - линейная плотность нити.

Коэффициент повреждаемости при постоянном напряжении может быть рассчитан по следующей формуле:

$$\eta = \frac{t^{m+1} \sigma^{(1+m)b}}{B^{1+m}}$$

Параметры  $m$ ,  $B$  и  $b$  можно определить из опытов на разрушение на длительную прочность. Данные для расчета представлены в табл.3.

Таблица 3

Параметры долговечности

Вид ткани, линейная плотность основы, текс	Т-Р	Т-2	Т-8С	Т-1	Т-0
	100	100	50	50	35
Испытания на длительную прочность					
Нагрузка на нить, Н, $P_1$ $P_2$ $P_3$	800	800	500	500	400
	1000	1000	600	600	500
	1200	1200	700	700	600
Время нагружения, сек, $t_1$ $t_2$ $t_3$	131,8	131,8	371,92	371,9	495,2
	43,1	43,1	120,19,	120,1	118,8
	17,3	17,3	46,2	46,2	36,1
Параметры долговечности					
$b$	5,01	5,01	6,20	6,20	6,40
$B$	$0,57 \cdot 10^7$	$0,57 \cdot 10^7$	$0,81^9$	$0,81 \cdot 10^9$	$0,41 \cdot 10^{10}$
$m$	-0,95	-0,95	-0,93	-0,93	-0,93

Данные расчета коэффициента повреждаемости нитей основы при изготовлении тканей «Урал» представлены в таблице 4.



Повреждаемость нитей основы для различных тканей

Вид ткани	T-P	T-2	T-8C	T-1	T-0
Натяжение основы, сН, заправочное	75	75	60	60	44
при прибое утка к опушке ткани	112,5	112,5	90	90	66
при зевобразовании	105	105	84	84	61,6
условное, принятое при расчете	90	90	72	72	53
Частота вращения главного вала ткацкого станке, об/мин	200	200	200	200	200
Повреждаемость нитей основы	0,612	0,610	0,460	0,445	0,390

Расчет коэффициента повреждаемости при использовании критерия В.Москвитина показал, что исследуемые ткани можно выработать на отечественном бесчелночном ткацком станке СТБ.

Проведенные исследования позволили:

- проанализирован ассортимент тканей типа «Урал» и область их применения;
- выбрать технологические параметры изготовления тканей «Урал» на отечественном бесчелночном ткацком станке СТБ.
- определить параметры долговечности углеродных нитей при испытании на разрывной машине с постоянной скоростью нагружения и на долговечность.
- провести расчет повреждаемости нитей основы при изготовлении тканей «Урал» на бесчелночном ткацком станке СТБ.
- теоретически доказать возможность изготовления тканей «Урал» на бесчелночном ткацком станке СТБ;
- установить, что с увеличением линейной плотности используемых основных нитей напряженность заправки ткацкого станка увеличивается.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Николаев С.Д., Мартынова А.А., Юхин С.С., Власова Н.А. Методы и средства исследования технологических процессов в ткачестве // МГТУ, 2003.- 400 с.
2. Николаев С.Д., Ковалева О.В., Личучева А.А., Николаева Н.А., Рыбаулина И.В. Проектирование технологии тканей заданного строения. Монография // МГТУ им.А.Н.Косыгина, 2007- 180 с

**ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ НАНЕСЕНИЯ  
МИКРОКАПСУЛИРОВАННЫХ ВЕЩЕСТВ С ИЗМЕНЯЕМЫМ ФАЗОВЫМ  
СОСТОЯНИЕМ НА ТЕКСТИЛЬНЫЙ МАТЕРИАЛ**

**A STUDY OF THE RESULTS OF APPLYING MICROENCAPSULATED SUBSTANCES  
WITH PHASE CHANGE ON THE TEXTILE MATERIAL**

О.Р. Левшицкая, Д.Б. Рыклин  
O.R. Levshitskaya, D.B. Ryklin

Витебский государственный технологический университет (Беларусь)  
Vitebsk state technological university (Republic of Belarus, Vitebsk)  
E-mail: kd2007@mail.ru, ryklin-db@mail.ru

Рассмотрены результаты нанесения микрокапсулированных веществ с изменяемым фазовым состоянием на текстильный материал методом пропитки. Исследовано влияние параметров пропитывания материала на закрепление активных веществ на его поверхности. Подтверждено, что в результате обработки текстильного материала суспензией, содержащей микрокапсулированное вещество с изменяемым фазовым состоянием, его закрепление осуществляется на поверхности элементарных нитей. При большей концентрации микрокапсул в наносимой суспензии распределение активного вещества в материале происходит более равномерно.

**Ключевые слова:** вещества с изменяемым фазовым состоянием; микрокапсулирование; микрокапсулы парафина; терморегулирующие свойства; пропитка.

**The results of applying microencapsulated substances with phase change to the textile material by impregnation. The influence of the parameters of the impregnation material to the fixing of active substances on its surface. It is confirmed that the processing of textile material with a suspension containing microencapsulated substance with a phase change, the consolidation takes place on the surface of the fibers. At higher concentration of microcapsules in the slurry caused the distribution of active substance in the material occurs more uniformly.**

**Key words:** substance with a phase change; microencapsulation; microcapsules of paraffin; thermoregulations properties; impregnation.

Инновационная активность предприятий легкой промышленности характеризуется использованием передовых технологий. В Республике Беларусь только 4% технологических процессов в промышленности соответствуют мировому уровню. Лидерами по использованию инновационных технологий являются Швеция, США, Япония.

Беларусь, по причине многих факторов, к которым относятся: невысокий уровень технологической базы, маленькая доля инновационно-активных предприятий, снижение расходов на научные исследования пока не имеет высоких показателей по использованию инновационных технологий. Однако есть возможность изменения нынешнего положения путём проведения государством инновационной политики и производства высокотехнологичной продукции, которая будет востребована на мировом рынке [1].

В настоящее время в текстильной отрасли особую актуальность приобретают вопросы создания инновационных текстильных материалов, обладающих улучшенными или новыми потребительскими свойствами.

Несомненный интерес представляют текстильные материалы, обладающие терморегулирующими свойствами (Phase Change Materials – PCM), то есть способностью осуществлять активную терморегуляцию в рамках определенного температурного диапазона. Придание данных свойств текстильному материалу осуществляется за счет введения в его структуру активных веществ, способных к поглощению и освобождению большого количества теплоты (в результате фазового перехода из твердого состояния в жидкое и обратно).

В настоящий момент использование текстильных материалов с терморегулирующими свойствами возможно в различных направлениях: производство верхней одежды, белья, обуви, постельных принадлежностей, а также продукции промышленного и специального назначения [2].

Известно, что для использования в текстильных материалах, предназначенных для изготовления одежды, обуви наиболее перспективными теплоаккумулирующими веществами с температурой фазового перехода в термофизиологическом диапазоне температур тела человека являются углеводороды, имеющие от 13 до 28 атомов углерода (парафины): октадекан ( $C_{18}H_{38}$ ), нонадекан ( $C_{19}H_{40}$ ), эйкозан ( $C_{20}H_{42}$ ) [3].

Также при фазовом переходе таких веществ возникает необходимость в капсулировании, так как возникают проблемы их фиксации на текстильном материале. Для решения данного вопроса используют технологию микрокапсулирования.

В настоящее время существуют различные способы нанесения или соединения микрокапсул с волокнами или текстильными материалами. Наиболее простым является пропитка материала водной суспензией, содержащей активные вещества. Также возможно применение технологии печати, что предоставляет возможности по нанесению РСМ как в виде сплошного покрытия, так и локально. Менее распространенный способ соединения микрокапсул с волокнами состоит в производстве волокон из растворов, где уже присутствуют микрокапсулы, содержащие активные ингредиенты. Данный вариант введения РСМ характерен только для синтетических материалов.

Цель исследования состоит в изучении результатов нанесения микрокапсулированных веществ с изменяемым фазовым состоянием на текстильный материал методом пропитки, а именно: влияние параметров пропитывания материала на закрепление РСМ на его поверхности.

Предметом исследования является полиэфирный подкладочный текстильный материал (размер образцов - 1000\*1500 мм, поверхностная плотность - 67,5 г/м<sup>2</sup>), произведенный ОАО «Моготекс», Беларусь. Предполагаемая область применения – нижний слой пакета боевой одежды пожарных.

В процессе научного эксперимента для обработки текстильного материала был использован следующий компонент: микрокапсулированное вещество с изменяемым фазовым состоянием (Phase Change Materials – РСМ), способное осуществлять активную терморегуляцию.

Содержимым микрокапсул является парафин с температурой фазового перехода 28°C. Капсулируемое вещество (содержимое микрокапсул) образует ядро микрокапсул, а капсулирующий материал образует стенки оболочек. Материал оболочки – полиуретан (без содержания формальдегида). Краткое обозначение используемых микрокапсул – MikroCapsPCM28-S.

Основные физико-химические характеристики микрокапсул РСМ представлены в таблице 1.

В процессе обработки текстильный материал должен быть высушен при температуре не менее 150°C в течение 3-5 минут, чтобы осуществить полную фиксацию РСМ. В случае более низкой температуры закрепление происходит в течение нескольких дней.

Микрокапсулы Mikro Caps PCM 28-S в процессе эксперимента были введены в текстильный материал посредством **пропитки**, после чего следовала операция сушки.

Образцы подвергались пропитке в суспензиях с различной концентрацией препарата:

- образец №1 (расшлифованная ткань) пропитан водной дисперсией с 16%-ным содержанием микрокапсул;
- образец №2 (окрашенная ткань) пропитан водной дисперсией с 16%-ным содержанием микрокапсул;
- образец №3 (расшлифованная ткань) пропитан водной дисперсией с 10%-ным содержанием микрокапсул.

Таблица 1

## Основные физико-химические характеристики Mikro Caps PCM28-S

Характеристика	Значение
Тип оболочки	Полиуретан (без содержания формальдегида)
Тип РСМ:	Парафин
Содержание капсул РСМ в водной дисперсии:	34-35%
Содержание РСМ в сухой капсуле:	82-86%
Содержание капсулируемого вещества РСМ в дисперсии:	39-41%
Температурный диапазон плавления:	25-30 °С
Плотность:	900-970 г / см <sup>3</sup>
Вязкость (при 25 °С):	100-500 сП
Внешний вид	беловатая суспензия
Средний размер частиц	10-20 мкм

В целях исследования процесса пропитки образцы материала были взвешены до и после обработки (таблица 2).

Таблица 2

## Результаты исследования процесса пропитки

№ образца	Масса материала до исследования, г	Масса материала после исследования, г	Масса микрокапсул на образце ткани, г	Увеличение массы образца ткани после пропитывания, %
1	103,95	115,7	11,75	11,3
2	106,77	114,9	8,13	7,6
3	102,7	111,93	9,23	8,9

Анализируя данные, представленные в таблице 2, можно сделать вывод: концентрация РСМ в используемой водной дисперсии влияет на степень их закрепления на текстильном материале. При 16%-ном содержании микрокапсул увеличение массы образца составило 11,3 %. При содержании 10% микрокапсул увеличение массы образцов составило 8,9%. Рост концентрации раствора на 6 п.п. привел к увеличению степени закрепления микрокапсул РСМ на 2,4 п.п. Увеличение массы образцов крашеной ткани в среднем на 35 % ниже, чем соответствующий показатель, определенный для образцов расшлихтованной ткани при неизменном составе дисперсии.

Для оценки равномерности нанесения микрокапсул РСМ на материал были исследованы пробы размером 220\*70 мм, вырезанные из обработанных образцов (1000\*1500 мм). Указанный размер проб выбран исходя из требований к размеру опытных образцов, предъявляемых СТБ 1971-2009. Данный стандарт впоследствии используется в целях исследований теплофизических свойств модифицированных материалов.

На рисунке 1 представлена информация о средней массе исследуемых проб, а также степени равномерности нанесения активного вещества, выраженная показателем вариации.

Исходя из данных рисунка 1, можно сделать следующий вывод: распределение микрокапсул парафина на исследуемом текстильном материале является достаточно равномерным, о чем свидетельствует коэффициент вариации, максимальное значение которого составило 9%.

Можно отметить, что при большей концентрации микрокапсул в наносимой дисперсии распределение активного вещества в материале происходит более равномерно (на 94,44 % равномерно в неокрашенных образцах и на 98,15% равномерно в окрашенных).

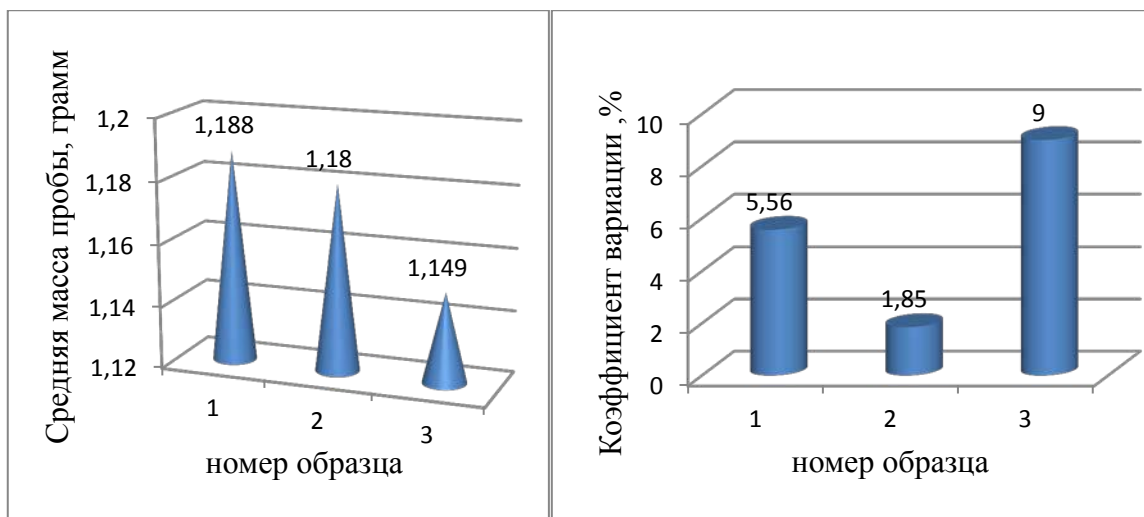


Рис. 1. Оценка равномерности нанесения микрокапсул на материал

В рамках проводимого испытания была исследована структура модифицированного полиэфирного подкладочного материала под микроскопом. На рисунке 2 а изображен текстильный материал до начала исследования. На рисунке 2 б изображен тот же образец материала после пропитки микрокапсулами парафина, где отчетливо видно в местах переплетений нитей белое вещество.

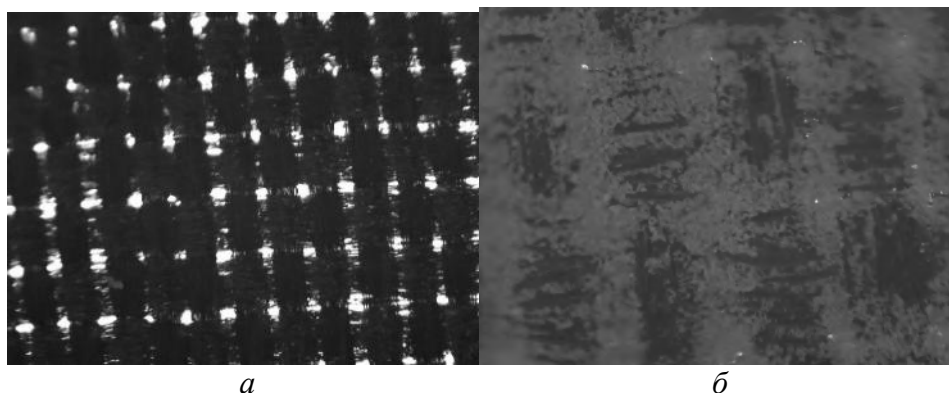


Рис. 2. Структура текстильного материала до и после исследования

На рисунке 3 можно рассмотреть размещение микрокапсул на волокне текстильного материал.

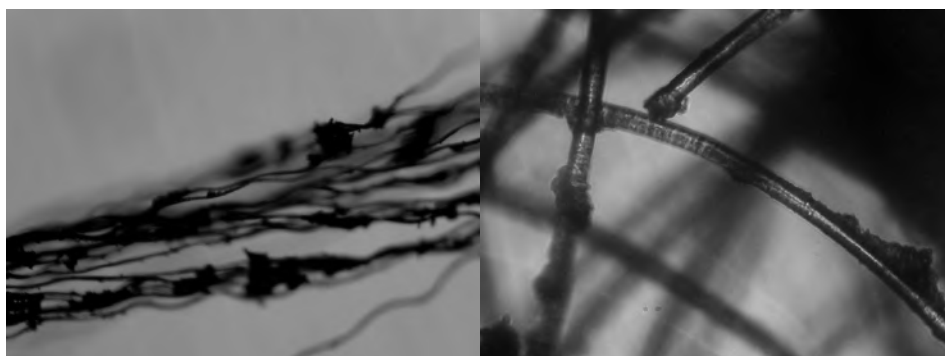


Рис. 3. Распределение микрокапсул на элементарных нитях

Представленные изображения указывают на наличие в структуре исследуемого текстильного материала микрокапсул, придающих терморегулирующую способность.

Таким образом, в результате проведенных исследований подтверждено, что в результате обработки текстильного материала суспензией, содержащей микрокапсулированное вещество с изменяемым фазовым состоянием, его закрепление осуществляется на поверхности элементарных нитей. Распределение микрокапсул на исследуемом материале является достаточно равномерным, но при большей концентрации микрокапсул в наносимой суспензии распределение активного вещества в материале происходит более равномерно (на 94,44 % равномерно в неокрашенных образцах и на 98,15% равномерно в окрашенных).

Дальнейшие исследования направлены на изучение терморегулирующих свойств модифицированных текстильных материалов, а также определение оптимального количества активного вещества в структуре ткани.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Наука и инновационная деятельность в Республике Беларусь: сб. науч. ст. / НАН Беларуси. – Минск, 2012. – 157 с.
2. Onofrei, E., Rocha, A.M.. Textiles integrating PCMs – a review // Buletinul institutului politehnic din iasi t.(LX) .2010. № 2, P. 99-107.
3. Elias Khalil. Application of phase change materials: a review // International journal of research and review. 2015. №5.P. 281-294.

УДК 677.021.16:677.072.62

### **ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СМЕШИВАНИЯ КОМПОНЕНТОВ ЛЕНТАМИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПРЯЖИ ДЛЯ РУЧНОГО ВЯЗАНИЯ**

### **EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF BLENDING COMPONENTS IN TOPS IN THE PRODUCTION OF YARN FOR HAND KNITTING**

А.Д. Зиновьева  
A.D. Zinovyeva

Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина  
(Технологии. Дизайн. Искусство), (Москва)  
Russian State University named A.N. Kosygin  
(Technologies. Design. Art), (Moscow)  
E-mail: aleksandra\_zinovieva@mail.ru

Проведена оценка эффективности выработки пряжи для ручного вязания по сокращенному плану прядения, предполагающему смешивание компонентов лентами. Представлены результаты экспериментального исследования распределения волокон компонентов внутри пряжи.

**Ключевые слова:** пряжа для ручного вязания; редкие виды шерсти; смешивание лентами; распределение волокон компонентов в пряже.

**Evaluation of the effectiveness of production of yarn for hand knitting according to the shortened spin plan, that involves blending components in tops was realized. The results of experimental research of different components fibers distribution inside the yarn are presented in this paper.**

**Keywords:** yarn for hand knitting; rare types of wool; blending in tops; fibers distribution in yarn.

В настоящее время под влиянием модных тенденций возрос спрос на пряжу для ручного вязания из так называемых «элитных» видов шерстяного сырья (тонкая мериносковая шерсть, волокно альпака, кашмир, пух яка и др.). Такая пряжа характеризуется

улучшенными гигиеническими свойствами, такими как гипоаллергенность, высокая гигроскопичность, более приятное туше (качество, определяемое на ощупь).

Пряжа для ручного вязания с вложением шерсти редких видов на российских предприятиях вырабатывается преимущественно по сокращенным планам прядения, ввиду наличия импортного сырья в виде гребенной или чесальной ленты. При смешивании компонентов лентами вопрос о перемешивании разнородных волокон становится очень актуальным, следовательно, приобретает большое значение правильная оценка распределения волокон и эффективности смешивания волокон компонентов в продуктах прядения.

Ранее автором были разработаны 7 экспериментальных образцов пряжи с различными конкурирующими между собой составами смесей и другими физико-механическими характеристиками (линейная плотность пряжи, крутки), из которых для дальнейшего исследования были отобраны 4 наиболее удачных вида пряжи [1].

Все образцы пряжи были выработаны по сокращенному плану производства на ОАО «Троицкая камвольная фабрика», который предполагает смешивание компонентов лентами. В качестве сырья все компоненты использовались в виде топса (гребенной ленты). Технологическая цепочка включала меланжир, два перехода ленточных машин, прядильную машину для низкономерной пряжи, тростильно-крутильную машину и запарную машину для запаривания пряжи в свободном состоянии. Характеристика физико-механических показателей выработанной пряжи представлена в Таблице 1.

Таблица 1

Характеристика физико-механических показателей пряжи

Показатель	Образец 3	Образец 4	Образец 6	Образец 7
Состав смеси	Альпака – 52% ПАН – 26% Вискоза – 22%	Меринос – 70% Вискоза – 30%	Меринос – 67% ПАН – 33%	Меринос – 57% Нитрон – 33% Шелк – 10%
Линейная плотность, текс	217,4	312,5	333,3	270,3
Крутка I, кр./м	140	141	145	195
Крутка II кр./м	121	120	100	120
Коэффициент крутки II	17,9	22,1	18,3	20,9
Удельная разрывная нагрузка, сН/текс	6,4	9,6	8,5	9,5
Удельное разрывное удлинение, %	4,5	3,1	6,8	7,6
Коэффициент вариации, %:				
- по крутке II	2,6	4,0	3,6	2,5
- по разрывной нагрузке	10,1	3,7	3,2	5,9
- по разрывному удлинению	12,2	6,2	5,3	6,8

Также автором было проведено экспериментальное исследование распределения волокон компонентов в поперечном сечении пряжи и вдоль пряжи [2,3], в результате которого было выявлено: 1) концентрация шерстяного компонента наиболее высока во внешнем слое сечения, что подтверждает участие основной массы волокон натурального компонента в контакте с кожей человека, что улучшает органолептические и гигиенические свойства пряжи для ручного вязания; 2) полнота смешивания S составила 86,9%, а степень приближения фактического распределения волокон к случайному  $\gamma$  0,9.

Полученные показатели (таблица 1) и результаты исследования [2,3] позволяют сделать вывод об эффективности технологии производства пряжи по сокращенной производственной цепочке. Смешивание компонентов лентами обеспечивает достаточное

перемешивание волокон компонентов как в поперечном сечении пряжи для ручного вязания, так и вдоль неё, позволяя получить конечный продукт прядения, сочетающий в себе улучшенные органолептические и гигиенические показатели без потери прочностных свойств.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Зиновьева А.Д., Разумеев К.Э. Экспериментальная работа по изучению влияния сырьевого состава и себестоимости на комплексную оценку пряжи. II Международная научно-практическая конференция «Модели инновационного развития текстильной и легкой промышленности на базе интеграции университетской науки и индустрии. Образование–наука–производство»: сборник статей. 23-25 марта 2016 г.; – Казань : Изд-во КНИТУ, 2016. – с. 414.
2. Зиновьева А.Д. Обоснование экспериментального исследования распределения волокон компонентов в поперечном сечении пряжи. XIX Международный научно-практический форум «Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы»: сборник материалов, часть 2. 23-27 мая 2016 г.; - Иваново : Изд-во ИВГПУ, 2016. – с. 102.
3. Зиновьева А.Д. Оценка распределения разнородных волокон в радиальном направлении поперечного сечения пряжи для ручного вязания. Журнал «Текстильная и легкая промышленность», №2, 2016 г. – с. 20-22.

УДК 677.024

### **СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ АРМИРУЮЩИХ МНОГОСЛОЙНЫХ ТКАНЕЙ И 3D ТКАНЫХ ПРЕФОРМ**

### **MODERN TECHNOLOGIES AND EQUIPMENT FOR MANUFACTURING THE REINFORCING LAYERS OF FABRIC AND 3D WOVEN PREFORMS**

В.Т. Сергеев

V.T. Sergeev

АО «ТРИ-Д», (Москва)

JSC "THREE-D", (Moscow)

E-mail: vladimir@3dfabrics.ru

**В работе дана информация о новых многослойных тканях и тканых 3D препрегах из углеродных и стеклянных нитей и особенностях их изготовления на отечественном технологическом оборудовании.**

**Ключевые слова: многослойные ткани; углерод; стекло; кварц; технологии; переплетения.**

**In the bottom information about new layered 3D woven fabrics and prepregs from carbon and glass fibers and features of their production in domestic technological equipment.**

**Key words: layered fabric; carbon; glass; quartz; technology; weave.**

АО «ТРИ-Д» является одним из ведущих российских предприятий в области разработки и совершенствования технологии производства многослойных тканей и пространственно-армирующих тканых материалов (3D ПРЕФОРМ).

Компания имеет более чем 20-летнюю историю решения задач по разработке и производству многослойных тканых материалов в соответствии со специальными требованиями предприятий - производителей композиционных материалов.



В состав АО «ТРИ-Д» входит лаборатория пространственно армирующих тканых материалов и два производственных участка в Андреевке и Твери. Общее количество сотрудников в настоящее время составляет 100 человек

Трехмерные пространственно-армирующие (3D) тканые волокнистые структуры в последнее время все больше используются в различных отраслях промышленности, в т.ч. специального назначения [1-4].

Тканые многослойные структуры используются в качестве армирующего наполнителя для композитов, работающих в сложных и жестких условиях воздействия высокоскоростных аэродинамических потоков, вибрации и взрывной волны, при наличии высоких температур.

При этом реализуется основное преимущество многослойных тканых структур – это значительная прочность в трансверсальном (перпендикулярном слоям) направлении, что обеспечивает нерасслаиваемость композитов в процессе их эксплуатации.

Этого невозможно достичь, используя другие виды армирующих материалов.

Трехмерные пространственно-армирующие (3D) тканые волокнистые структуры в последнее время все больше используются в различных отраслях промышленности, в т.ч. специального назначения .

Преимущества композиционных материалов, полученных на основе пространственно-армирующих многослойных (3D) тканых материалов, очевидны. Это:

- исключение риска расслоения и локализации трещин в композите;
- высокая стойкость к торцевому удару;
- повышение стойкости материала к деформационным нагрузкам и высокотемпературным воздействиям;
- стойкость к абляции и радиопрозрачность;
- уменьшение стоимости и трудоемкости изготовления высокоэффективных композитов.
- форма заготовки практически соответствует заданной форме композита, минимальная обработка после пропитки;
- улучшение воспроизводимости процесса производства композитов.

Область применения многослойных тканых материалов и 3D тканых преформ разнообразны. Они применяются в настоящее время в различных областях: в ракетно – космической отрасли, судостроении, при сварке, для теплоизоляции, в авиационной отрасли, металлургии, при термообработке.

Заказчиками работ АО «ТРИ-Д» являются такие фирмы, как: ВИАМ, Композит, Воткинский завод, Государственный научно-производственный центр имени М.В.Хруничева, Новатор, ОАО «Казанское Опытное Конструкторское ббро «Союз», КБ, Технология, ДМЗ имени Н.П.Федорова, Авангард, Златоусский машиностроительный завод, КБМ и др.

Отличие обычной ткани от 3D ткани показано на рисунке 1.

Текстильный материал называется 2D если расположение нитей в структуре ткани не превышает 2-х пространственных измерений. Пример - обычная однослойная ткань, где вся структура расположена в одной плоскости.

Текстильный материал называется многослойным (3D) если нити в структуре тканого материала располагаются в 3-х независимых плоскостях во время технологического процесса, т.е. любые ткани, которые имеют существенный размер в трех измерениях считаются многослойными (3D) тканями

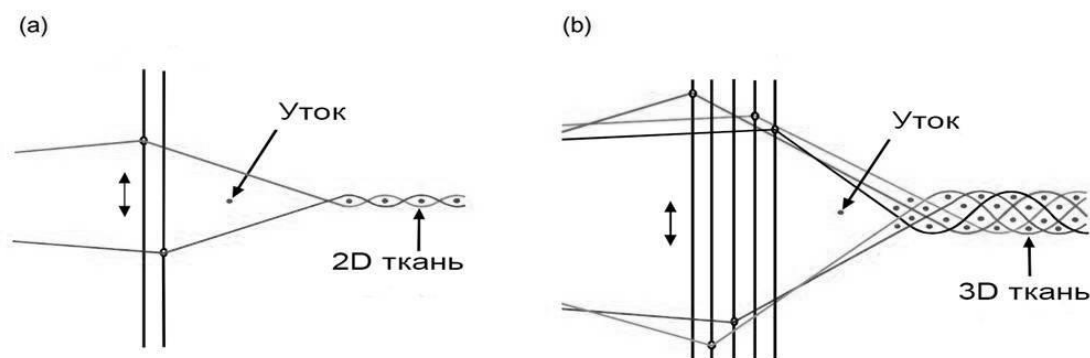


Рис.1 Схема образования 2D (a) и 3D ткани (b)

Многослойная ткань – многофункциональная тканая структура, конечное строение которой зависит от многих переменных:

- вида сырья (бесщелочное алюмоборосиликатное стекло, кремнеземные нити, кварцевые, углеродные, базальтовые волокна);
- структуры нитей (однородные крученые, текстурированные);
- линейной плотности нитей (170-1200 текс);
- вида переплетения.

Структура многослойной ткани определяет ее свойства. Расположение нитей основы и утка в ткани должно обеспечивать необходимые свойства ткани, ее толщину и поверхностную плотность. Для получения заданной структуры ткани необходимы станки различной конструкции.

На рисунке 2 представлены фотографии многослойных тканей, выпускаемых фирмой АО «ТРИ-Д»

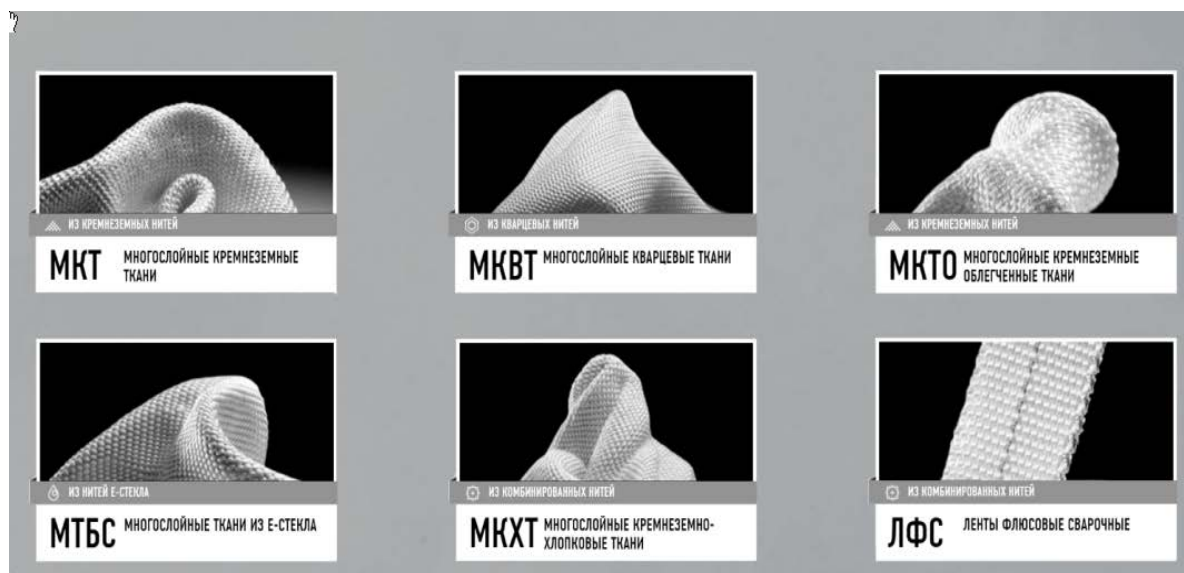


Рис.1 Фотографии многослойных тканей

Техническая характеристика многослойных тканей дана в таблице 1.

Таблица 1

Марка машины	Толщина, мм	Масса единицы площади, кг/м <sup>2</sup>
Многослойные кремнеземные ткани (МКТ)	1,6 – 12,5	1,4 – 11,0
Многослойные кремнеземные ткани облегченные (МКТО)	1,6 – 50,0	0,5 – 7,5

Многослойные кварцевые ткани (МКВТ)	2,7 – 6,8	2,0 – 5,1
Многослойные ткани из Е-стекла (МТБС)	1,4 – 6,5	1,2 – 5,2

На рисунке 3 представлены 3D модели многослойных тканей с различной глубиной и частотой соединения слоев.

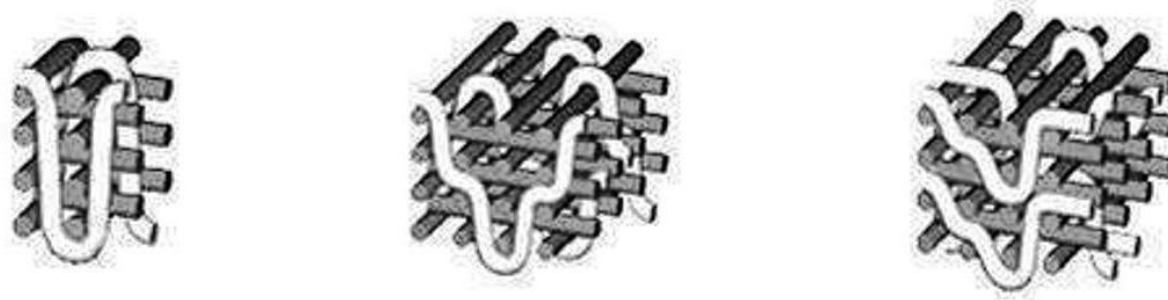


Рис.3. Модели многослойных тканей

Для производства многослойных тканей и цельнотканых заготовок (3D-тканых преформ) используются следующие нити: стеклянные (кремнеземные, кварцевые, из Е-стекла), нити; высокомодульные синтетические нити; углеродные нити; комбинированные нити.

Отдельную область занимают цельнотканые многослойные заготовки (ЦТМЗ), на рисунке 4 представлены фото таких материалов. Эти заготовки используются для получения конечных изделий с заданными свойствами. Изготовление таких заготовок требует специальной заправки и наладки ткацкого станка. Как правило, такие ткани вырабатываются на ткацких станках с небольшим количеством оборотов главного вала.



Рис. 4. Цельнотканые многослойные материалы

Многослойные ткани и цельнотканые заготовки могут быть сотканы с использованием нескольких различных волокон для создания комбинированных (гибридных) тканей.

Уровень комбинирования может изменяться, например, ткани могут быть сотканы из различных волокон в каждом направлении ( $X$ ,  $Y$  и  $Z$ ), при этом в каждом основном слое может использоваться различное волокно. Нити в направлении  $Z$  также могут быть изготовлены из различных волокон. Количество волокон в каждом направлении можно варьировать для достижения желаемого объема волокна в каждом направлении.

Для изготовления тканой заготовки приведенной на фото применяется два вида нитей:

Углеродные нити, которые образуют наружную поверхность заготовки и кварцевые нити, которые образуют внутренние слои тканой заготовки.

Комбинация используемых нитей и видов базовых переплетений позволяет решить проблему по созданию многослойных тканей, обеспечивающих комплекс заданных свойств в композитном материале: надежная тепловая и силовая защита, требуемые радиотехнические свойства, стойкость к абляции и др. в условиях высоких температур и больших аэродинамических нагрузок.

Особую неизученную область занимают 3D тканые преформы. На рисунке 5 показаны некоторые из них. Это одно из самых перспективных направлений многослойного ткачества. Для получения таких преформ необходимо создавать современный ткацкий станок.



Рис.5. Фотографии 3D тканых преформ

Для производства многослойных тканей и 3D тканых структур используются следующие ткацкое оборудование: ткацкий станок с фронтальным прибором; модифицированный ткацкий станок с фронтальным прибором; специальные 3D ткацкие станки.

На рисунке 6 показан ткацкий станок с фронтальным прибором для производства многослойных тканей и ЦТМЗ.



Рис. 6. Фотография ткацкого станка для изготовления многослойных тканей сложных структур

В настоящее время АО «ТРИ-Д» проводит работы по совершенствованию технологии разработки и производства многослойных тканей и цельнотканых многослойных заготовок (ЦТМЗ) на базе научных исследований, проводимых в АО «ТРИ-Д».

Одновременно с разработкой технологии, проводятся работы по разработке нового ткацкого оборудования для производства многослойных тканей совместно с ОАО «Текстильмаш» (Чебоксары) и нового ткацкого оборудования для производства ЦТМЗ совместно с ООО «Инжиниринговый Центр «Новые ткацкие технологии и машины» (Шуя, бывший Шуйский машиностроительный завод), а также совместно с ООО «ИНЭЛСИ» (Иваново) разрабатывается автоматизированная система подготовки технологических параметров производства и система электронного управления ткацким оборудованием

#### ЛИТЕРАТУРА

1. В.Т. Сергеев. Перспективные многослойные ткани // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – Иваново: ИГТА, 2010. – №3.– 3 с.
2. В.Т. Сергеев, С.Д. Николаев, Р.И. Сумарукова. Технология изготовления многослойной бикомпонентной ткани // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – Иваново: ИГТА, 2012. – №6.– 5 с.
3. В.Т. Сергеев. Технологические особенности изготовления многослойной бикомпонентной ткани. Сборник научных трудов аспирантов. Выпуск 18. – М., 2012г. - 5 с.
4. В.Т. Сергеев, С.Д. Николаев. Создание нового поколения многослойных тканей и контурно-профильных тканых изделий из химических нитей. Сборник научных трудов аспирантов МГУДТ. – М.: ФГБОУ ВПО «МГУДТ», 2013. – 6 с.

УДК 677.054.845

### РАЗРАБОТКА ДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ БАТАННОГО МЕХАНИЗМА ТКАЦКОГО СТАНКА ТИПА СТР

### DEVELOPMENT OF DYNAMIC MODELS BOTANY MECHANISM OF A LOOM OF THE TYPE THE RAPIER WEAVING MACHINE

А.Т. Мирзокандов, А.А. Тувин  
А.Т. Mirzokandov, А.А. Tuvin

Ивановский государственный политехнический университет  
Ivanovo State Polytechnic University  
E-mail: adis93@inbox.ru, fma@ivgpu.com

В статье рассматриваются вопросы, связанные с разработкой динамической модели батанного механизма ткацкого станка типа СТР. Поставленная цель требует первоначально решения задачи динамики бруса в первой и второй фазах его движения, т.к. в других фазах колебания бруса батана не влияет на процесс формирования сетки.

**Ключевые слова:** динамическая модель; брус батана; изгиб; жесткость; податливость.

The article discusses issues related to the development of dynamic models botany mechanism of a loom of the type the rapier-weaving machine. The goal requires the original solution to the problem of dynamics of the beams in the first and second phases of its movement, as in other phases of the oscillations of the beam of botany does not affect the process of mesh generation.

**Keywords:** dynamic model; balk of botany; bending; hardness; ductility.

Постановка и решение динамической задачи требует соответствующего представления модели механизма. Обратимся к схеме (рис.1). Брус 1 батана жестко закреплен в п лопастях 2, неподвижно соединенных с подбатанным валом 3. Вал 3

расположен в подшипниковых опорах (подшипники качения). Батан получает возвратно - качательное движение от кулачкового привода посредством коромысла 4 и шатуна 5. Соединения вал коромысла – станина, коромысло – шатун и шатун – лопасть выполнены также на подшипниках качения, обладающих радиальной податливостью.

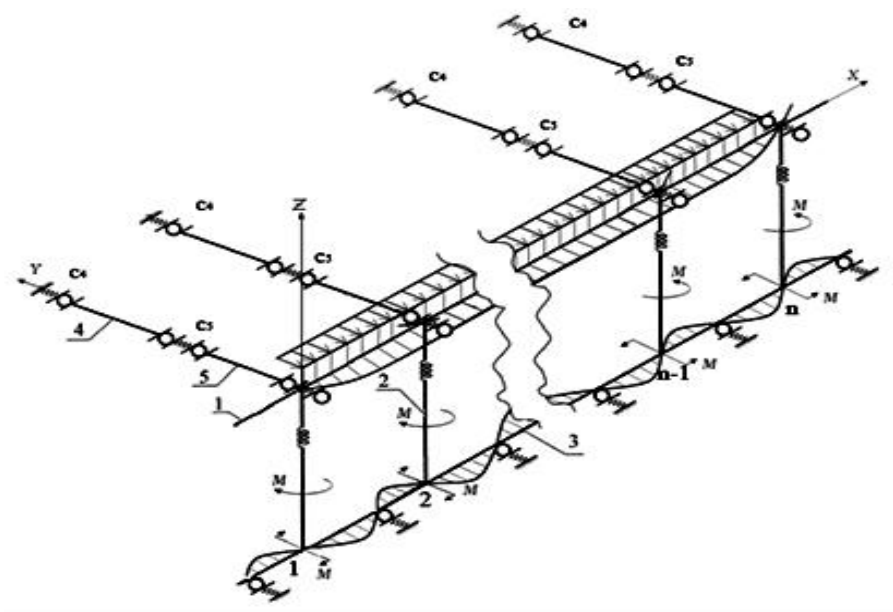


Рис. 1. Схема упругих связей батанного механизма станка типа СТР

Брус – равного сечения, поэтому в динамической модели представим его в виде стержня с равномерно распределенной массой интенсивностью  $\mu$ . Если через  $m_b$  обозначим массу бруса в сборе с бердом, то  $\mu = m_b / l$ , рис.2.

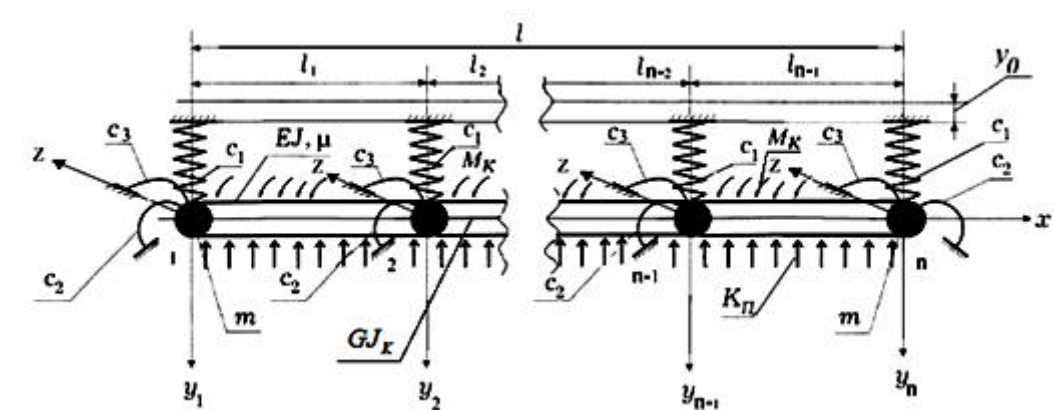


Рис. 2. Динамическая модель бруса батана станка с n – лопастями

Изгибом бруса в плоскости ZOХ аналогично [3] будем пренебрегать ввиду его малости. Действующие в этой плоскости инерционные силы существенно ниже инерционных сил и сил технологического сопротивления, действующих в плоскости ХОУ.

При изгибе бруса в плоскости ХОУ лопасти будут испытывать деформацию кручения, а подбатанный вал будет подвергаться изгибу. Причем на прогиб подбатанного вала под действием моментов со стороны лопастей оказывает влияние не только жесткость самого вала, но и радиальная податливость его подшипниковых опор. Податливость этой системы в динамической модели отражается упругой связью с коэффициентом жесткости



$C_2$  - приведенной к лежащей в плоскости изгиба оси бруса крутильной жесткостью системы лопасть – подбатанный вал – подшипники подбатанного вала,  $C_3$  – приведенный к крутильной коэффициент жесткости лопасти. Лопасти обладают инерционными свойствами, которые моделируются сосредоточенными массами  $m$  - приведенными к конечным сечениям бруса массами лопасти в сборе с подбатанным валом.

Податливости подшипниковых соединений рус – шатун, шатун – коромысло, главный вал – станина отражаются упругой связью с коэффициентом жесткости  $C_1$  - приведенной к конечным сечениям бруса жесткостью указанных подшипниковых соединений.

Упругое сопротивление системы заправки на фазе формирования сетки моделируется коэффициентом  $k_n$  постели [2]. Кроме того, поскольку сопротивление со стороны опушки вырабатываемой сетки действует не в плоскости изгиба бруса, на брус будет действовать распределенный крутящий момент, интенсивностью  $M_k$ . Если через  $y(x, t)$  обозначить прогиб сечений бруса (линейная деформация бруса) и через  $\Theta(x, t)$  угол поворота его сечений (угловая деформация), то

$$M_k = (\bar{y}_0(t) + y(x, t) + \Theta(x, t)a)k_n a, \quad (1)$$

где  $\bar{y}_0(t)$  - кинематическое перемещение бруса на фазе взаимодействия берда и опушки сетки;

$a$  - расстояние между плоскостью заправки и плоскостью изгиба бруса.

Кроме силового возмущения брус испытывает кинематическое возмущение - по определяемому профилем кулачков закону  $\bar{y}_0(t)$  перемещаются точки крепления упругих связей  $C_1$ . Массами шатунов и коромысел при этом по малости будем пренебрегать. Коэффициент постели  $k_n$  [2], модуль или жесткость упругого основания – коэффициент пропорциональности между интенсивностью  $q(x)$  реакции упругого основания (реакции, приходящейся на единицу длины основания) и прогибом  $y(x)$  основания в рассматриваемом сечении  $k_n = q(x)/y(x)$ , н/м.

Если известен коэффициент  $c$  жесткости упругой системы заправки, то

$$k_n = c/l_c, \quad (2)$$

где  $l_c$  – ширина сетки.

Коэффициент жесткости  $C$  упругой системы заправки

$$C = C_1 + \frac{C_2 C_3}{C_2 + C_3}, \quad (3)$$

где  $C_1$  – коэффициент жесткости сетки в зоне товарной валик – опушка;

$C_2$  – коэффициент жесткости основы в зоне опушка – навой;

$C_3$  – коэффициент жесткости основы на навое.

Методика определения коэффициента  $C_1$ ,  $C_2$  и  $C_3$  изложена в [1].

Обозначим через  $EI_z$  жесткость поперечного сечения бруса батана при изгибе.

Здесь  $E$  - модуль упругости первого рода материала бруса,  $I_z$  - момент инерции площади поперечного сечения бруса относительно нейтральной оси, определяемый известными методами, например [4]. Жесткость бруса на кручение обозначим через  $GI_k$ , где  $G$  - модуль сдвига материала бруса,  $I_k$  - момент инерции при кручении [89]. При расчете жесткости лопасти следует иметь в виду, что она имеет переменное сечение. Поскольку угол



$d\varphi$  закручивания элемента  $dz$  лопасти под действием момента  $M_\sigma$  со стороны бруса равен

$$d\varphi = M_\sigma dz / GI_\kappa(z), \quad (4)$$

то приведенная жесткость  $C_2'$  лопасти определится выражением

$$C_2' = G / \int_0^l dz / I_\kappa(z), \quad (5)$$

где  $l$  - длина скручиваемого участка лопасти.

Рассмотрим схему станка СТР-130-М и представим подбатанный вал в виде четырехопорной статически неопределимой балки, нагруженной сосредоточенными моментами, возникающими от кручения лопастей батана, рис.2. Приведенный коэффициент жесткости  $C_2$  системы лопасть – подбатанный вал – подшипники подбанного вала будет равен [1]:

$$C_2 = \frac{C_2' C_{\alpha 1}}{C_2' + C_{\alpha 1}}. \quad (6)$$

Серийно выпускаемые станки типа СТР имеют цикловую диаграмму работы кулачкового привода батана типа «выстой – подъем – опускание – выстой». Этот цикл можно представить состоящим из нескольких фаз: первая фаза - движение батана до зоны формирования сетки (движение батана до момента касания берда с опушкой вырабатываемой сетки); вторая фаза - движение батана в процессе формирования сетки; третья фаза - отход батана от зоны формирования и четвертая фаза - выстой. Поставленная цель требует первоначально решения задачи динамики бруса в первой и второй фазах его движения, т.к. в других фазах колебания бруса батана не влияют на процесс формирования сетки.

Уравнение движения бруса на различных фазах его движения получим, применяя вариационный принцип Гамильтона – Остроградского. Интеграл действия (интеграл Гамильтона) для системы с распределенными параметрами можно представить в виде

$$I_\delta = \int_{t_0}^{t_1} (T - U - \Pi + \sum Q_\kappa q_\kappa) dt, \quad (7)$$

где:  $T$  - кинетическая энергия;

$U$  - потенциальная энергия упругой системы;

$\Pi$  - потенция внешних сил;

$Q_\kappa$  - обобщенные неконсервативные силы;

$q_\kappa$  - обобщенные координаты.

Принцип Гамильтона – Остроградского имеет форму

$$\delta I_\delta = 0. \quad (8)$$

Как отмечалось, в общем случае брус батана подвержен изгибу в плоскости Х0У и кручению. На брус действуют:

- инерционное (кинематическое) возмущение, интенсивностью  $q_1$

$$q_1 = -\mu \ddot{y}_0(t), \quad (9)$$

где  $y_0(t)$  - кинематическое перемещение точек крепления упругих связей

$C_1$  на рассматриваемой фазе движения;

- внутреннее неупругое сопротивление [5] интенсивностью  $q_2$

$$q_2 = -EI_z \alpha_2 \frac{\partial^5 y}{\partial x^4 \partial t}, \quad (10)$$

где  $\alpha_2$  - модуль вязкости;  
- внешнее неупругое сопротивление

$$q_3 = -\alpha_3 \left( \dot{y}(t) + \frac{\partial y}{\partial t} \right), \quad (11)$$

где  $y(x, t)$  - прогиб сечений бруса;

$\alpha_3$  - коэффициент пропорциональности;  
- внутреннее неупругое сопротивление

$$q_4 = -\alpha_4 \frac{\partial \theta}{\partial x^2 \partial t}, \quad (12)$$

где  $\theta(x, t)$  - угол поворота сечений бруса при кручении;

$\alpha_4$  - коэффициент пропорциональности;  
- внешнее неупругое сопротивление

$$q_5 = -\alpha_5 \frac{\partial \theta}{\partial k}, \quad (13)$$

где  $\alpha_5$  - коэффициент пропорциональности;  
- сила сопротивления со стороны УСЗ (упругой системы заправки станка)

$$q_6 = -k_n (y_0(t) + y(x, t) + \theta(x, t)a); \quad (14)$$

- момент сопротивления со стороны УСЗ

$$q_7 = q_6 \alpha = -k_n a (y_0(t) + y(x, t) + \theta(x, t)a). \quad (15)$$

Вид выражений для кинетической и потенциальной энергий системы зависит от принимаемой теории. Подробный анализ изгибных и крутильных колебаний бруса батана для двух фаз движения приведен в [2].

В данном случае согласно многим источникам, например [5], поправки, учитывающие влияние инерции поворотов и сдвигов, могут иметь большое значение. Тогда пренебрегая для данного сечения бруса смещением линии центров изгиба относительно центральной оси будем иметь следующие выражения для кинетической и потенциальной энергий бруса батана

$$T = \frac{1}{2} \int_0^l \left[ \mu \left( \frac{\partial y}{\partial t} \right)^2 + \frac{\mu I_z}{F} \left( \frac{\partial^2 y}{\partial x \cdot \partial t} - \frac{\partial \beta}{\partial t} \right)^2 + \frac{\mu I_p}{F} \left( \frac{\partial \theta}{\partial t} \right)^2 \right] dx, \quad (16)$$

$$U = \frac{1}{2} \int_0^l \left[ EI_z \left( \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} - \frac{\partial \beta}{\partial x} \right)^2 dx + xGF\beta^2 + GI_k \left( \frac{\partial \theta}{\partial x} \right)^2 \right] dx, \quad (17)$$

где  $F$  - площадь поперечного сечения бруса;

$I_p$  - полярный момент инерции площади поперечного сечения относительно центра масс;

$\beta$  - средний угол сдвига;

$x$  - численный коэффициент, зависящий от формы поперечного сечения.

$$x = \frac{I_z^2}{F} / \int_F \frac{S_z^2 dF}{b^2}, \quad (18)$$

где  $S_z = \int_F y dF$  - статический момент относительно нейтральной оси Z части

поперечного сечения, отсеченного плоскостью  $y = const$ ;

$b$  - ширина поперечного сечения на уровне  $y = const$ .

Интеграл действия в общем случае принимает вид

$$I_\partial = \int_0^t \left\{ \frac{1}{2} \int_0^1 \left[ \mu \left( \frac{\partial y}{\partial t} \right)^2 + \frac{\mu I_z}{F} \left( \frac{\partial^2 y}{\partial x \cdot \partial t} - \frac{\partial \beta}{\partial t} \right)^2 + \frac{\mu I_0}{F} \left( \frac{\partial \theta}{\partial t} \right)^2 - \right. \right. \\ \left. \left. - EI_z \left( \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} - \frac{\partial \beta}{\partial x} \right)^2 - xGF\beta^2 - GI_\kappa \left( \frac{\partial \theta}{\partial x} \right)^2 + 2q_6 y + 2q_7 \theta \right] dx + \right. \\ \left. + (q_1 + q_2 + q_3)y + (q_4 + q_5)\theta \right\} dt, \quad (19)$$

то есть

$$I_\partial = \int_{t_0}^{t_1} \left\{ \int_0^L L \left( t, x, y, \beta, \theta, \frac{\partial y}{\partial t}, \frac{\partial \beta}{\partial t}, \frac{\partial \theta}{\partial t}, \frac{\partial \beta}{\partial x}, \frac{\partial \theta}{\partial x}, \frac{\partial^2 y}{\partial x^2}, \frac{\partial^2 y}{\partial x \cdot \partial t} \right) dx + L_1(y) + L_2(\theta) \right\} dt \quad (20)$$

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Суров, В.А. Динамика упругих систем батанных механизмов металлорежущих станков. / В.А. Суров, А.А. Тувин. – Иваново: ИГТА. - 2004. – 188 с.
2. Мигушов, И.И. Механика текстильной нити и ткани / И.И. Мигушов. - М.: Легкая индустрия. - 1980. – 160 с.
3. Мельяченко, Ж.В. Взаимосвязь технологических параметров ткачества и параметров строения вырабатываемых тканей / Ж.В. Мельяченко, С.Д. Николаев // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. - 1991. - N 1. -С. 47-50.
4. Беляев, Н.М. Сопротивление материалов: 15-е изд. перераб. / Н.М. Беляев. - М.: Главная редакция физико-математической литературы изд-ва «Наука». - 1976, с. 608.
5. Тимошенко, С.П. Колебания в инженерном деле / С.П. Тимошенко. - М.: Наука. - 1967. – 444 с.

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОРОКОВ ПАРАШЮТНЫХ ТКАНЕЙ МАЛОЙ  
ПОВЕРХНОСТНОЙ ПЛОТНОСТИ  
ПРИ ВЫРАБОТКЕ ИХ НА СТАНКАХ DORNIER AWS И СТБ-2-220**

**COMPARATIVE ANALYSIS OF VICES OF PARACHUTE FABRICS  
LOW SURFACE DENSITY IN THE DEVELOPMENT OF THEIR  
ON LOOMS DORNIER AWS AND STB-2-220**

О.А.Каракова  
O.A. Karakova

Российский государственный университет имени А.Н.Косыгина  
(Технологии. Дизайн. Искусство), (Москва)  
The Kosygin State University of Russia, (Moscow)  
E-mail: olga-kar337@mail.ru

**В статье проведен сравнительный анализ пороков парашютных тканей, возникающих при выработке тканей артикулов 56307 и 56011 на станках СТБ-2-220 и DORNIER AWS и оценка выбора станка для получения более качественной ткани.**

**Ключевые слова:** парашютная ткань, пороки, свойства, параметры заправки

**The authors sravnitelnyi vices parachute tissue that occurs when the production of fabrics and articles 56307 56011 on looms STB-2-220 and DORNIER AWS and evaluation of the choice of the machine for more quality fabrics.**

**Keywords:** parachute fabric, vices, properties, options, refills

В парашютостроении применяются ткани с различными массовыми и прочностными характеристиками. Наиболее легкие ткани из широко используемых капроновых нитей имеют удельную массу до  $35 \text{ г/м}^2$ , наиболее тяжелые – до  $200 \text{ г/м}^2$ . Разрывная нагрузка при испытании стандартного образца на растяжение меняется в пределах 350 – 2000 Н.

На практике наибольшее распространение получила модель ткани, основанная на эксперименте по одноосному нагружению. При этом ткань представляется в виде набора ортогонально расположенных идеально упругих независимых нитей (основы и утка), характеризующихся соответственно модулями упругости. Вычисление модулей происходит по диаграммам «нагрузка – деформация», полученным экспериментальным способом. Для исследования области больших деформаций ткани, где существенно проявляются эффекты вязкости и пластичности материала ткани, диаграмма «нагрузка – деформация» аппроксимируется набором кусочно-линейных функций, каждый участок из которых характеризуется своим модулем упругости.

Оценка качества парашютных тканей осуществляется с учетом несоответствия фактических показателей качества нормам, установленным в стандартах на конкретный вид ткани, и наличия пороков внешнего вида.

Показатели качества ткани подразделяются на общие и дополнительные. К общим показателям качества относятся: ширина ткани, плотность, поверхностная плотность, рисунок переплетения, устойчивость окраски, разрывная нагрузка и др. К дополнительным могут относиться: сминаемость, разрывное удлинение, прочность на раздираание, стойкость к осыпанию, усадке после стирки или замочки, гигроскопичность, электризуемость и т. д.

Целью данного исследования является сравнительный анализ пороков, возникающих при выработке тканей артикулов 56307 и 56011 на станках СТБ-2-220 и DORNIER AWS и оценка выбора станка для получения более качественной ткани. Статистика данных по

порокам ткани взята из анализа работы ткацких станков на ткацком предприятии «Передовая текстильщица», г.Королев.

В таблице 1 дана характеристика анализируемых тканей.

Таблица 1

Параметры заправки парашютных тканей

№ п/п	Параметр	Арт.56011	Арт.56307
1	Линейная плотность основных нитей, текс	6,7	4
2	Линейная плотность уточных нитей, текс	6,7	4
3	Плотность ткани по основе; н/10дм	400	360
4	Плотность ткани по утку; н/дм	400	400

В таблице 2 приведен сравнительный анализ пороков суровой ткани, двух артикулов, арт. 56307 и 56011. Ткань была выработана на станках СТБ-2-220 и DORNIER AWS. Расчет пороков в суровой ткани был произведен на объем ткани, выработанной за месяц.

Таблица 2

Сравнительный анализ пороков суровой ткани.

Наименование	DORNIER AWS				СТБ-2-220			
	56011		56307		56011		56307	
Артикул	56011		56307		56011		56307	
Выработано метров за месяц	3200,0		2800,0		2096,0		1588,0	
Порок в метрах и процентах	м	%	м	%	м	%	м	%
1. Забоина	-	-	-	-	10,50	0,5	22,54	1,42
2. Разбитый край	-	-	-	-	2,20	0,1	3,18	0,2
3. Натяжка	112,2	3,5	22,4	0,8	9,38	0,45	17,47	1,1
4. Подплетина	-	-	-	-	19,88	0,95	21,76	1,37
5. Неподработка	-	-	-	-	9,17	0,44	39,38	2,48
6. Отсечки	-	-	-	-	-	-	3,81	0,24
7. Недосека	-	-	40,6	1,45	5,12	0,24	38,11	2,4
8. Пролет	-	-	-	-	-	-	0,64	0,04
9.Грязь,разработка,ореолы	-	-	-	-	3,0	0,14	2,86	0,18
10. Недолеты	-	-	-	-	0,5	0,02	4,61	0,29
11. Раздвижка	-	-	40,6	1,45	2,5	0,12	0,79	0,05
12. Помеха	-	-	-	-	-	-	0,48	0,03
13. Концы	-	-	-	-	5,0	0,24	-	-

Анализ данных таблиц при сравнении арт. 56307 и 56011, выработанных на станке СТБ-2-220, видно, что арт. 56307 является более проблематичным ассортиментом по выявленному браку, чем арт. 56011.

Анализ данных таблиц при сравнении арт. 56307 и 56011, выработанных на станке DORNIER AWS, арт. 56011 является более проблематичным ассортиментом по выявленному браку, чем арт. 56307.

Анализ данных таблиц при сравнении пороков, выработанного на станках СТБ-2-220 и DORNIER AWS арт. 56011, очевидно, что на станке СТБ-2-220 при выработке ткани выявляется большее количество разнообразных пороков, чем на станках DORNIER AWS.

Анализ данных таблиц при сравнении пороков, выработанного на станках СТБ-2-220 и DORNIER AWS арт. 56307, также как для арт. 56011, на станке СТБ-2-220 при выработке ткани выявляется большее количество разнообразных пороков, чем на станках DORNIER AWS.

В таблицах 3 и 4 приведен анализ пороков суровой ткани рассматриваемых артикулов, выработанных на станках СТБ-2-220 по месяцам.

Таблица 3

Анализ пороков суровой ткани арт.56307

Пороки	Январь,%	Февраль,%	Март,%	Апрель,%	Май,%	Июнь,%
Забойна	0,15	1,42	0,44	0,9	2,26	0,49
Разбитый край	0,26	0,2	0,12	0,27	0,1	0,1
Натяжка	0,89	1,1	0,16		0,9	1,53
Подплетина	0,2	1,37	0,38	0,29	0,29	0,55
Неподрботки	0,29	2,48	0,43	0,27	0,25	0,78
Отсечки	0,06	0,24			0,76	0,23
Недосека		2,4	0,78	0,08	2,45	0,18
Пролет		0,04	0,02			
Грязь, разработка, ореолы		0,18	0,17	0,02	0,37	1,19
Недолеты		0,29		0,07	0,85	0,07
Раздвижка		0,05	0,13	0,09	0,46	0,11
Помеха		0,03				0,08
Тянет край			1,42	0,1	0,06	0,68
Слеты				0,07		0,41
концы				0,32	0,69	0,08
Смешение сырья			0,37	0,04		
Итого пороков	1,85	9,8	4,02	1,71	9,44	7,11

Таблица 4

Анализ пороков суровой ткани арт.56011

Пороки	Январь,%	Февраль,%	Март,%	Апрель,%	Май,%	Июнь,%
Забойна	0,11	0,09		0,1	0,08	0,03
Разбитый край	0,12	0,2	0,12			0,1
Натяжка	0,6	1,6	0,16		0,05	1,55
Подплетина	0,2	1,17	0,38	0,1	0,29	0,55
Неподрботки	0,2	1,1				
Отсечки	0,06	0,24			0,2	0,2
Недосека			0,1	0,08	1,0	0,1
Пролет			0,02			
Грязь, разработка, ореолы	0,16	0,18	0,17	0,02	0,37	2,0
Недолеты		0,29			0,4	
Раздвижка		0,05	0,13	0,09	0,46	0,1
Помеха	0,16	0,03				0,08
Тянет край		0,09	1,42		0,06	
Слеты						0,41
концы	0,1				0,2	0,08
Смешение сырья	0,02					
Итого порока	1,73	4,99	2,5	0,39	2,93	5,2

По приведенным экспериментальным данным можно сделать вывод, что более рентабельным с точки зрения выработки парашютных тканей артикулов 56307 и 56011 является станок DORNIER AWS.

При анализе выработки тканей артикулов 56307 и 56011 на станках СТБ-2-220, можно видеть, что имеется существенный разброс по количеству брака на разных станках. Это говорит о том, что при поддержании станков типа СТБ-2-220 в должном техническом состоянии и своевременной коррекции наладки станков, использование этих станков отечественного производства может обеспечить выработку качественных парашютных тканей разных артикулов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бородин А.Н. Элементарный курс теории вероятностей и математической статистики. – СПб.: Издательство «Лань», 2006 – 254 с.
2. Виноградов Ю. С. Математическая статистика и ее применение в исследованиях в текстильной промышленности. – М.: Легкая индустрия, 1964. – 312 с.
3. Теория процессов, технология и оборудование ткацкого производства / С. Д. Николаев, П. В. Власов, Р. И. Сумарокова, С. С. Юхин. – М.: Легпромбытиздат, 1995. – 255 с.
4. Методы и средства исследования технологических процессов в ткачестве / С.Д. Николаев, А. А. Мартынова, С. С. Юхин, Н. А. Власова. – М.: МГТУ им. А. Н. Косыгина, 2003. – 336 с.

УДК 681.587+62-503.55: 677.024

### ПРИМЕНЕНИЕ ФОТОГРАФИКИ В ЖАККАРДОВОМ ТКАЧЕСТВЕ

#### GRAPHICS IN JACQUARD WEAVING

Н.А. Мальгунова<sup>1</sup>, А.М. Киселев<sup>1</sup>, О.И. Буренева<sup>2</sup>, А.В. Болдырева<sup>1</sup>  
N.A. Malgunova<sup>1</sup>, A.M. Kiselev<sup>1</sup>, O.I Bureneva.<sup>2</sup>, A.V. Boldyreva<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологии и дизайна  
Saint-Petersburg state University industrial technology and design<sup>1</sup>

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»  
Saint-Petersburg state electrotechnical University "LETI"<sup>2</sup>

Рассмотрены некоторые вопросы использования в современных орнаментах жаккардовых тканей фототехнологий, специфики разработки и подготовки к ткачеству тканого рисунка с применением адаптивных переплетений.

**Ключевые слова:** текстильный фотоорнамент; жаккардовое ткачество; информационные технологии в текстильном производстве.

**The article discusses the usage of photographic techniques in modern ornaments jacquard fabrics, and the specifics of design and preparation for weaving a woven pattern with the use of adaptive thresholds.**

**Keywords:** textile photoornament; jacquard weaving; information technology in the textile industry.

Развитие информационных технологий в последние десятилетия XX века привело к масштабному расширению сферы использования фототехнологий в различных областях человеческой деятельности. Информация о мире, поступающая к человеку, во многом собрана при помощи фотообъектива. Фотография как вид искусства заняла достойное место в системе искусств. В настоящее время получение фотоизображения стало простым действием, доступным для широкого массового использования, благодаря развитию цифровых технологий и быстрой обработке полученного изображения на компьютере. Уже в конце XX века фотоизображения стали масштабно использоваться в художественном

проектировании текстильного рисунка, потеснив традиционное творчество в области текстильного орнамента [1].

Фотографика – понятие многозначное, им определяется и область творчества, и отдельное произведение, и соответствующее художественное средство, она основывается на синтезе фотографии, рисунка, приемов изображения и способов его выполнения. Новые специальные способы фотографии: рефлексография, макрофотосъемка, съемка в невидимых ультрафиолетовых и инфракрасных лучах, фотограмма могут служить неисчерпаемым источником для разработки графического дизайна и текстильного орнамента. В специальной литературе за последнее десятилетие достаточно полно систематизированы приемы и способы разработки текстильного фотоорнамента. Но до сих пор речь идет только о получении фоторисунка на ткани способом печати. В то же время использование фотографика возможно в разработке текстильного орнамента способом жаккардового ткачества.

Крупноузорное ткачество имеет свою историю развития. Еще до изобретения жаккардовой машины вырабатывались ткани с объемными изображениями сложных объектов с передачей перспективы и объема. Но выполнение таких рисунков в ткачестве было очень трудоемким, требовало от исполнителей большой профессиональной подготовки. Один метр шелковой ткани вырабатывался несколько месяцев, в результате ткани получались очень дорогими и выполнялись только на заказ от богатых клиентов. В художественном оформлении таких тканей стремились к усложнению рисунка, увеличению раппорта узора, максимальной передаче в тканом рисунке природных образов, использовались золоченые и серебрённые нити. С изобретением автоматического ткацкого станка и жаккардовой машины процесс ткачества значительно ускорился, но способ подготовки рисунка оставался таким же трудоемким, как и в ручном ткачестве. В художественном оформлении на первом этапе сохранялось стремление к воспроизведению сложных сюжетных, портретных композиций на ткани, так например, жаккардовым ткачеством выполнена текстильная картина из фонда музея художественных тканей, на которой достоверно точно изображены Жозеф Мари Жаккар рядом с ткацким станком и принимающие работу заказчики. Представленные в экспозиции музейные тканые портреты, пейзажи, гобелены демонстрируют широкие возможности этого необыкновенного изобретения. Машинным ткачеством воспроизводились сложные цветочные узоры, текстильные фактуры, живописные цветовые эффекты, композиции любой сложности и масштаба. Затем с развитием массового производства художественное проектирование пошло по пути упрощения. Для уменьшения затрат на подготовку рисунка к ткачеству стали разрабатывать рисунки небольшого размера, с повторяющимися элементами узора. Стремление к упрощению рисунка в массовом производстве продолжалось до внедрения в ткачество автоматизированных систем. Только с применением информационных технологий в разработке жаккардовых рисунков стали вновь возвращаться к сложным орнаментальным формам.

Развитие информационных технологий расширило возможности дизайна жаккардовых тканей, сократило сроки проектирования и сделало экономически оправданным создание сложных рисунков, в которых используются фотографии и эффекты компьютерной графики. Использование фотографий в разработке тканого рисунка стало возможным с появлением первых автоматизированных жаккардовых комплексов для проектирования ткани. Например, в 1982 году, при демонстрации на выставке комплекса «Жаккард -1» были показаны такие этапы как обработка фотографий травинки, полученный жаккардовый патрон и выработанная ткань. Для таких рисунков, особенно связанных с изображением человека, архитектурных орнаментальных элементов и т. п., возникает задача сохранения идентичности исходному изображению. Разработка жаккардового рисунка имеет свою специфику, которая состоит в сложной подготовке рисунка к ткачеству. Несмотря на широкое применение информационных технологий в проектировании жаккардовых тканей,



до сих пор очень мало автоматизирован процесс разработки самого рисунка. Одним из основных подходов при подготовке рисунка к ткачеству является упрощение рисунка и его элементов, что влечет за собой отступление от исходного изображения. Обычно для выполнения развернутого патрона сначала разрабатывают заливной патрон, в котором многообразие цвета в рисунке сводят к определенному количеству и к определенной форме; затем каждому цвету присваивается переплетение, и таким образом получают развернутый патрон. По этому принципу работают специальные ткацкие компьютерные программы. Однако, несмотря на значительный прогресс в развитии этих программ, доля ручного труда в разработке жаккардового рисунка остается значительной, и связана с упрощением рисунка и его цветовой гаммы. Ручной труд заключается в преобразовании рисунка в заливной патрон. Этот процесс выполняется на компьютере, но, по сути, мало отличается от ручной работы. Для возможности выполнять сложные рисунки применяются адаптивные переплетения. В предлагаемом подходе заливной патрон выполняется не полностью, а процесс ограничивается индексацией цвета. С этой целью исходный цветной рисунок преобразуется в черно-белый, и все многообразие цвета приводится к определенному небольшому количеству тоновых оттенков серого цвета – от черного до белого. Затем на каждый оттенок цвета наносятся разные известные переплетения из имеющейся электронной базы с учетом необходимого основного и уточного эффекта. Поскольку заливной патрон был не подготовлен, то при наложении переплетений возникает много больших основных и уточных провисов, которые автоматически корректируются специальной функцией в ткацкой программе типа «Автодессинатор». В результате формируется ткацкий рисунок с переплетениями, которые получены в каждом конкретном изображении и его элементах, в зависимости от поставленной задачи. Следует иметь в виду, что адаптивные переплетения – это недетерминированные переплетения, они не могут быть определены заранее как узнаваемые и получают только с применением информационных технологий. Это позволяет расширить возможности дизайна жаккардовых тканей и формировать новое направление в художественном оформлении тканей рисунков [2].

Пример использования адаптивных переплетений в разработке пейзажного орнамента на основе использования фотографии в гобеленовой структуре ткани показан на рис. 1



1а Фотография



1б фрагмент ткани

Рис 1. Адаптивные переплетения в разработке пейзажного орнамента с использованием фотографий

Структура ткани имеет большое значение в разработке текстильного орнамента. В однослойной ткани рисунок можно получить только тоновыми оттенками, так как в такой ткани всего два цвета: один цвет по основе и один – по утку, в отличие от гобеленовой структуры, в которой может быть до шести цветов в основе и до четырех по утку. Но и в однослойной ткани возможно применение адаптивные переплетения и фотографии.

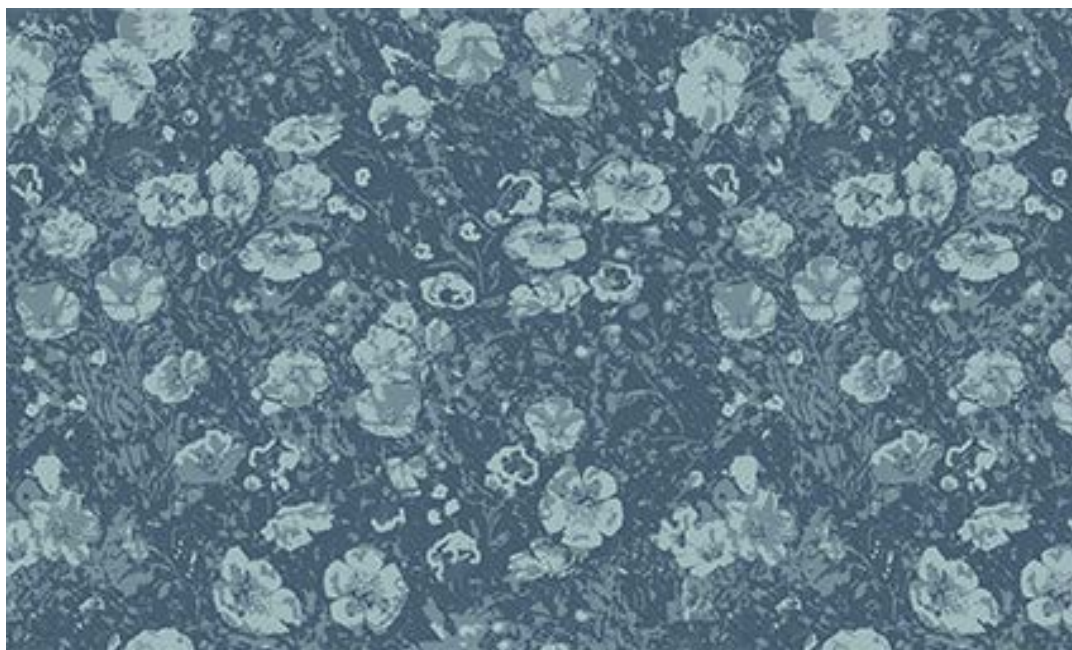
Главной задачей в разработке такого рисунка остается композиционное решение всей орнаментальной плоскости ткани. На первом этапе разработки фотографии случайных элементов необходимо собрать в раппорт, в котором будет определен мотив узора, полученный раппорт рисунка преобразовать в черно-белый и нанести на каждый оттенок серого цвета определенные переплетения. На рис. 2 показан пример однослойной жаккардовой плательной ткани, мотивом узора для которого послужила фотография цветов льна.



2а. Начало работы с фотографией льна, преобразование случайных элементов в раппорт.



2б. Индексация цвета.



2в. Фрагмент ткани.

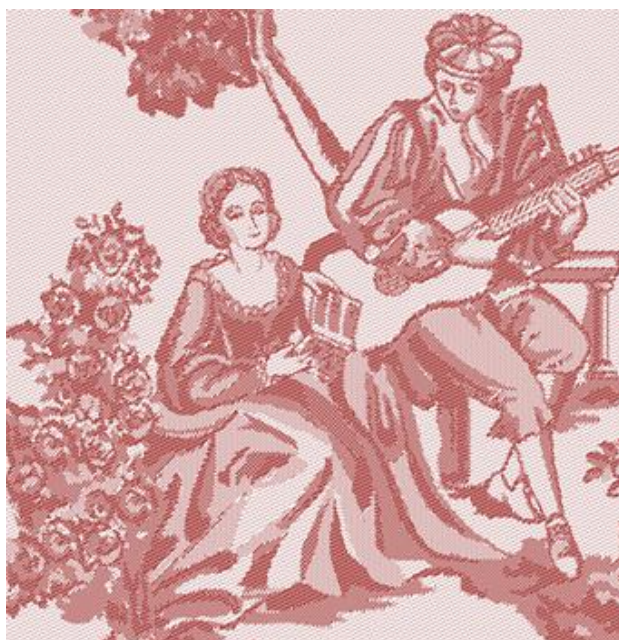
Рис 2. Однослойная жаккардовая плательная ткань с узором по мотивам фотографий цветов льна

Выполнение таких рисунков в ткани возможно только на современных ткацких станках с компьютерным управлением, которые оснащены электронным считывающим устройством патрона. Ручное насекание в принципе возможно, но крайне затруднено, так как рисунок не имеет системы, основные и уточные перекрытия меняются часто и в этих условиях трудно считывать патрон. В этом состоит основное отличие жаккардовых рисунков

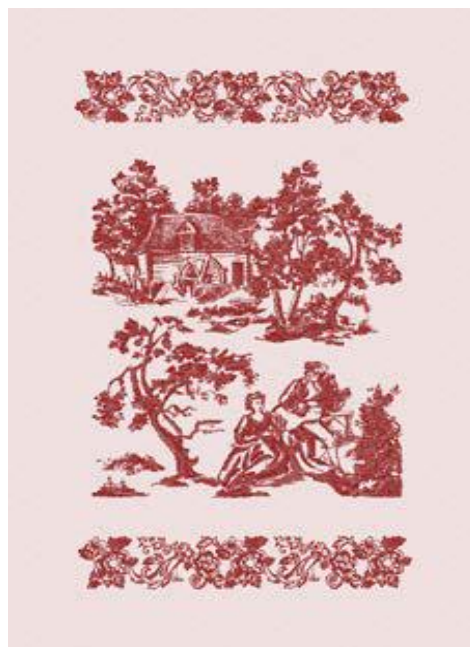
на основе обработки и дополнения фотографического изображения с применением адаптивных переплетений от выполненных вручную жаккардовых рисунков с сюжетными разработками, такими как, например портрет Мари Жаккара. В ручном патронировании каждую сменяемую плоскость по тоновому переходу необходимо заполнить одинаковым переплетением. Изображение на патроне воспроизводится почти заново, без гарантии его копирования на ткани. Современные автоматизированные системы проектирования жаккардовой ткани позволяют быстро посмотреть компьютерный макет созданной ткани, и в процессе работы отказаться от некоторых элементов рисунка или добавить другие в зависимости от плотности ткани и используемых ткацких переплетений. Очень часто в жаккардовом рисунке необходимы большие изменения рисунка по сравнению с эскизом в сторону упрощения. Поиск наилучшего варианта выполняется на всех уровнях проектирования ткани: при создании заливного патрона; при нанесении переплетений – развернутого патрона; при изменении цвета, структуры, линейной плотности нити и плотности ткани. Изменив один показатель, можно вернуться к макету и вновь посмотреть результат. В современном проектировании в одном процессе объединяются все подготовительные переходы рисунка к ткачеству, что дает возможность поиска новых проектных решений, в том числе и фотографии. Технические средства фотографии открыли перед художником возможности варьировать, совмещать, расщеплять, интерпретировать и сравнивать образы. Источником образов становится не только реальная, но и отражённая действительность – мир фотографических изображений и образов [3].

Принципы фотографии не исключают такого подхода в разработке рисунка, как использование фотографий известных художественных произведений. Классический французский стиль Туаль де Жуи в современной интерпретации основан именно на этом приеме. Дизайнеры ткани используют фотографии старинных гравюр и создают новые орнаментальные композиции на ткани способом печати, иногда просто копируют, иногда иначе соединяют в композицию разные части одного сюжета, иногда по-другому масштабируют и добавляют сюжеты из других художественных произведений. Все это возможно и в жаккардовом ткачестве. Пример разработки этой темы в жаккардовых однослойных тканях показан на рис. 3.





а) Фрагмент скатерти



б) Рисунок на полотенце

Рис. 3 Однослойные ткани, с рисунком способом жаккардового ткачества на основе фотографий старинных гравюр

На разработку такого рисунка и выработку 20 метров ткани на современном ткацком станке необходимо 3 – 4 дня. В ручном крупноузорном ткачестве на выработку нескольких метров ткани с подобным рисунком требовалось 3 – 4 месяца, с применением жаккардовой машины без автоматизации на подготовку рисунка к ткачеству требовалось 2 месяца. Основным преимуществом современных информационных технологий в жаккардовом ткачестве то, что благодаря использованию компьютера и фотографии, рисунок быстро и качественно моделируется путем коллажа, масштабирования, графической доработки первичного материала и коррекции полученного изображения после нанесения переплетения, а так же значительное сокращение времени на разработку, подготовку и выработку готовых тканей.

Выводы.

В художественном оформлении ткани методом ручного крупноузорного ткачества разрабатывались сложные пространственно-объемные композиции, но с появлением жаккардовой машины и массового производства рисунки упростили. Возможность возвращения к графически сложным рисункам в жаккардовом ткачестве в настоящее время обусловлено развитием информационных технологий, и в частности, систем художественного проектирования жаккардовых тканей и применения адаптивных переплетений.

Применение в рассматриваемых процессах фототехнологий позволяет значительно ускорить создание жаккардовых рисунков и расширить спектр художественных приемов разработки текстильного орнамента.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бесчастнов П. Н. Текстильный фотоорнамент: история и методика проектирования / П. Н. Бесчастнов. – М: Московский гос. текстильный ун-т им. А. Н. Косыгина, 2011. – 252 с.
2. Инвариантная технология проектирования эксклюзивных тканей/ О.И. Буренева, А.М. Киселев, Н.А. Мальгунова, Н.М. Сафьянников // Известия Вузов. Технология легкой промышленности – 2011. – № 3 С.87-91.

3. Бесчастнов П.Н. Дизайн текстильных фотоорнаментов и фотообоев / П. Н. Бесчастнов. – М: Московский гос. ун-т дизайна и технологии, 2016. – 236 с.

УДК 677.024.756

## **ПЛЕТЕНИЕ: ПРОШЛОЕ, НАСТОЯЩЕЕ, БУДУЩЕЕ**

### **BRAIDING: PAST, PRESENT, FUTURE**

О.Н. Коваленко, А.А. Тувин

O.N. Kovalenko, A.A. Tuvín

Ивановский государственный политехнический университет

Ivanovo State Polytechnical University

E-mail: okokovalenko@mail.ru , tuvín1958@mail.ru

Одним из перспективных направлений разработок в области производства объемно-армированных композитов является получение более сложных по структуре объемных, многослойных армирующих материалов и сложнопрофильных преформ (заготовок) на их основе. Одной из ключевых технологий изготовления таких преформ является плетение.

В статье описывается путь развития технологии плетения и плетельного оборудования от древнейших времен до появления современных технологий.

**Ключевые слова:** плетение; плетельное оборудование; 2D плетение; 3D плетение; триаксиальные бесшовные оболочки;

**One of the promising areas of development in the field of production of bulk-reinforced composites is the obtaining of more complex structured volume, multilayer reinforcing materials and complex profile preforms (blanks) based on them. One of the key technologies in the manufacture of such preforms is braiding.**

**The article describes the path of development of the technology of braiding and braiding equipment from ancient times to the advent of modern technology.**

**Key words: braiding; braiding equipment; 2D braiding; 3D braiding; triaxial seamless casings.**

Текстильные технологии уходят корнями в древние цивилизации, где плетение использовалось для получения из волокон изделий нужной формы. Помимо того, что плетеные из натуральных материалов предметы в то время нашли широкое применение в быту (канаты, циновки, корзины, головные уборы, одежда и т.д.), некоторые из них создавались, исходя из религиозных соображений, что связано, прежде всего, с поклонением архаического человека богам и духам природы. С началом культивирования злаковых культур, появилось множество обрядов и ритуалов, связанных с посевом семян и сбором урожая. Согласно мифам различных народов, семена пшеницы и риса (в странах Восточной Азии) имели божественное происхождение, поэтому стебли этих культур использовались для создания ритуальных символов, чаще всего в виде плетеных фигурок богов и богинь или «клеток», которые по мнению людей того времени, служили временным пристанищем для духов полей после уборки урожая.

Со временем мироощущения человека трансформировались, и природа дистанцировалась от Бога и стала восприниматься как источник материалов, сил и энергии, которые человек может использовать в том случае, если сможет объяснить ее законы с точки зрения науки.

Изобретение первой плетельной машины и начавшаяся в середине 18 века промышленная революция стали ключевым этапом развития плетельных технологий. Непрерывно совершенствующаяся конструкция плетельных машин позволяла создавать изделия принципиально новой конфигурации с использованием различных типов

натуральных и синтетических волокон, что способствовало внедрению данной технологии в различные отрасли промышленности.

Первая в мире плетельная машина была изобретена в 1767 году в Англии и спустя 20 лет построена в Германии. С технологической точки зрения, машина была предназначена для изготовления двухмерных тонкостенных цилиндров (шнуров) и имела относительно простые, но принципиально новые механизмы, на которых стали базироваться все последующие конструктивные модификации плетельных машин

Современные плетельные машины, используемые в композитном производстве, также являются модификацией машин Мэйпул, усовершенствованных с целью создания более сложной геометрии создаваемых на них изделий.[1]

Современный немецкий промышленный стандарт DIN 60000 дает определение плетению как «двухмерные или трехмерные ткани с равномерно распределенными нитями, а также замкнутые тканые структуры, нити которых взаимно перекрещиваются в диагональном направлении к кромке».

Существующие виды плетения подразделяются на три условных группы: 2D, 2,5D и 3D.

Двухмерное плетение – это традиционные виды плетения, в результате которых вырабатывается полая оболочка цилиндрической (рукавной) формы.

2,5-мерное плетение отличается тем, что формирование плетеной оболочки осуществляется на основах (оправах) различных объемных форм, при этом изменение формы сечения вырабатываемой оболочки достигается за счет изменения угла расположения переплетаемых нитей.

В 2D плетельных машинах блок шестерен, крылатки и плита с траком расположены на периферии. Увеличение количества веретен, приводит к увеличению габаритов самой машины и производимых на ней изделий. Увеличение габаритов машины в свою очередь дает возможность использования сердечников или заполнителей, расширяя тем самым ее функциональные возможности. Плетение, при котором нити оплетают сердечник, называется оплеткой и позволяет создавать изделия замкнутой формы. Оплетка является одним из основных методов производства композитных тканых преформ. Тканые преформы имеют форму, приближенную к окончательной форме композитного изделия, и предназначены для структурного армирования. 2D плетельные машины при использовании моделирующих сердечников позволяют легко формировать комплексные трехмерные структуры. Сердечники могут быть жесткими, надувными, ломкими и даже растворимыми, в случае если необходимо их удалить.

Когда плетельные веретена параллельны оси машины, происходит внутреннее взаимодействие нитей, которое может предотвратить растяжение ткани на опушке. В процессе плетения между нитями и ушками на веретенах должен быть соответствующий зазор, чтобы предотвратить спутывание нитей. Зазор может быть образован естественным образом за счет геометрии, то есть нити образуют конус с центром плетения или искусственно, используя формирующее кольцо. Формирующие кольца способствуют сведению нитей в одной точке и позволяют осуществлять плетение в прямом и обратном направлениях.

На рисунке 1 показан принцип изготовления плетеных преформ. Оборудование позволяет выпускать преформы как в виде рукава, так и в виде ленты (ткани), замыкая или размыкая линию движения веретен.

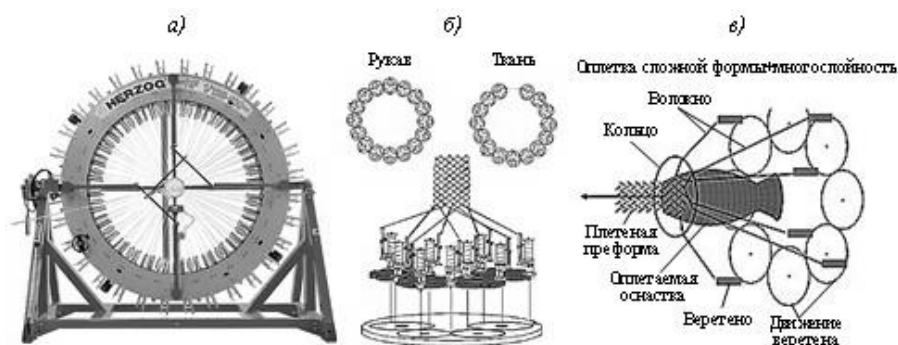


Рис.1 Изготовление плетеных преформ, рукава (ленты) или многослойной оплетки с использованием специализированной оснастки фирм (а) Herzog Maschinenfabrik; (б)Niederrhein University of Applied Sciences; (в) Mönchengladbach, Dept. of Textile and Clothing Technology

Существуют две основные схемы армирования плетения – биаксиальная и триаксиальная. Схемы представлены на рисунке 2. Варьируя угол плетения, можно получать те или иные свойства, которые необходимы в конкретной конструкции, в зависимости от вида нагрузки – кручение, сдвиг, сжатие или сложные комбинации этих нагрузок. С увеличением угла плетения уменьшаются прочность и модули при растяжении и сжатии при приложении нагрузки в нулевом направлении. При приложении нагрузки в направлении 90 град.[2 с.59].

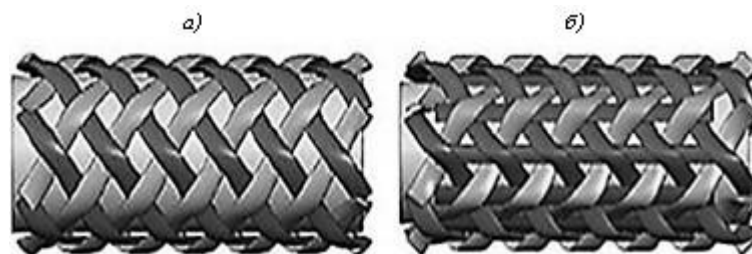


Рис. 2. Схемы плетеных преформ с биаксиальным (а) и триаксиальным (б) направлениями армирования

Зарубежные компании успешно осваивают процесс 2D и 2.5 D плетения и внедряют его в собственное производство. Наиболее традиционными и характерными областями применения таких материалов являются аэрокосмическое и оборонное машиностроение.

Технология плетения используется при производстве элементов мотогондолы авиадвигателя и его вентиляторных лопаток, стрингеров, лонжеронов, шпангоутов, лопастей винтов, различных корпусных элементов и многого другого. В ракетостроении освоено производство корпусов ракет, представлены на рисунке 3. В разработке находятся технологии производства автомобильных рам и прицепов, в строительстве перспективно использование плетения в конструкциях мостов, опор линий электропередач и освещения. [3 с. 364–371]



Рис. 3 Применение 2.5 плетения при изготовлении фюзеляжа ракет (компания Fiber Innovations)

Трёхмерное плетение отличается от двухмерного увеличением толщины производимого изделия за счет введения дополнительных слоев пряжи.

Трёхмерное плетение может быть определено как процесс, при котором в плетении участвует более чем один слой пряжи по толщине структуры.

Основное трёхмерное плетение производится за счет смещения пряжи, выполняемого на прямоугольном плетельном станке, в двух ортогональных направлениях (горизонтальном и вертикальном). Быстрое развитие трёхмерная плетельная технология получила с момента выхода патента «Быстрое косое ткачество». В настоящее время существуют два основных направления трёхмерного плетения: «Картезианское» (или цилиндрическое в его модифицированном виде), так же называемое «ряды и столбики» (соответственно «кольца и столбики»), и «Круговое» плетение. Картезианское плетение позволяет осуществлять индивидуальный контроль смещения каждого ряда и столбца в цикле переплетения. При его использовании формирование различных сложных форм достигается путём изменения длины каждого ряда и пространственного смещения столбцов. Перемещение столбцов заключается в смещении держателей нитей (бобин). Перемещение рядов и столбцов может быть выполнено механически или пневматически. [4 с.21-240]

3D плетельные машины стали использоваться с начала 20 века или даже раньше, производя уникальные ткани, армирующие наполнители и предметы одежды. В 1960-х годах правительство США совместно с учеными и инженерами уделяло особое внимание разработке машин для трехмерного плетения для изготовления углеволоконных преформ для композитной промышленности, в результате чего, начиная с того времени. Следует однако заметить, что 2D и 3D плетение требует синхронизированных движений веретен и натяжных приспособлений. Геометрия выреза в плите отличается от цилиндрической траектории движения крылаток, предназначенной для получения комплексных или даже твердых тел с отверстиями и разветвлениями, с включением продольных нитей или без. Изменения выреза в плите позволяет получать трехмерно-армированные плетеные изделия с нецилиндрическим сечением. Наличие трансверсальных нитей в цельных плетеных структурах обеспечивают их высокие прочностные и сдвиговые характеристики. Плетельные машины подобной конструкции являются последней модификацией машины Мэйпул.

Прямолинейный трак в плите предоставляет возможность использования механизма для движения веретен вместо крылаток. Такие плетельные машины часто относят к машинам челночного типа. Принимая во внимание тот факт, что двухмерное плетение находит применение в самых разнообразных отраслях промышленности и товарах широкого потребления, трехмерное плетение используется фактически только в композитной индустрии.

Исследования способов изготовления трехмерных плетеных тканей и композитов продолжается и в настоящий момент.

Альтернативные методы трёхмерного переплетения исключают часть указанных недостатков Картезианского плетения. Так в наиболее популярной «классической» схеме двухмерного «кругового плетения»



(также называемого «трубчатым плетением») есть две системы нитей, которые переплетаются. Важно то, что все нити перемещаются одновременно: все нити одной системы перемещаются по часовой стрелке, в то время как все нити другой системы перемещаются в противоположном направлении. На этом принципе основаны современные мульти-модульные станки. Мульти-модульный плетельные станки только входят в использование. Они достаточно дорогостоящие, но обладают практически неограниченными возможностями по производству плетёных оболочек различных объёмных форм. Плетельный станок Herzog 3-D-Flechtmaschine CAB 9-32-220, показанный на рисунке 4, является последним изобретением немецких конструкторов. На станке выполняется трёхмерное плетение, процесс является полностью автоматизированным. На станке выполняется трехмерное плетение, процесс является полностью автоматизированным. Каждая крылатка индивидуально управляется, и каждое пересечение так же осуществляется индивидуально, при этом оба этих процесса контролируются программным обеспечением. В связи с этим переносные механизмы нитедержателей могут следовать по свободно спроектированному пути.

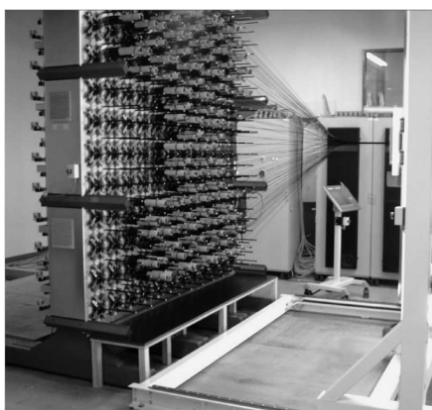


Рис. 4 Плетельный станок Станок Herzog 3-D-Flechtmaschine CAB 9-32-220

Совершенно новой эрой для плетения становится производство плетеных триаксиальных бесшовных оболочек. Они могут составить огромную конкуренцию другим видам технологии создания плетеных преформ.

Использование трёх основных систем нитей в структуре плетеного изделия расширяет возможности создания объёмных бесшовных форм, так как изменение кривизны создаваемой оболочки возможно в трёх, а не в двух направлениях, как это было ранее в двуаксиальных тканях. Технологически процесс создания триаксиальных бесшовных оболочек состоит из двух стадий: расчёт количества нитей в сечениях вырабатываемой оболочки и производство изделия (оболочки). Происходит объединение процессов текстильного и швейного производства в один неразрывный технологический процесс, что обеспечивает значительное снижение материалоёмкости и трудоёмкости за счёт ликвидации швов и припусков к ним, а также сокращения трудовых и материальных затрат на операциях подготовительно-раскройного производства. Плетеные триаксиальные оболочки успешно применяются при производстве изделий бытового назначения. Свидетельством тому является разработка и изготовление бесшовного плетеного верха обуви рисунок 5 (а) и бесшовных платьев рисунок. 5 (б).

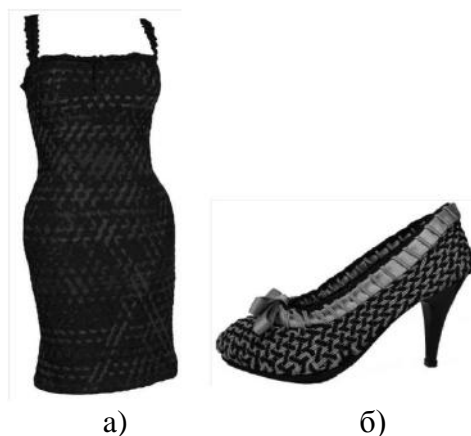


Рис. 5: (а)- Цельнотканое платье с триаксиальной структурой, (б) - Модель обуви с цельнотканой заготовкой верха [5 с.56-57]

В настоящее время основной задачей является внедрение технологии изготовления триаксиальных бесшовных оболочек в производство принципиально новых, особо прочных объёмных плетеных форм, необходимых для создания специализированных деталей изделий авиационной, космической и электронной промышленности. Но для этого потребуются еще много исследований в области усовершенствования технологии плетения и модернизации плетельного оборудования.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Степин В.С., Горохов В.Г., Розов М.А. *Философия науки и техники* // М. 1999.
2. Okano M., Sugimoto K., Saito H. et al. Effect of the braiding angle on the energy absorption properties of a hybrid braided FRP tube /Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. Part L. 2005. V. 219. №1. P. 59.
3. Erber A., Birkefeld K., Drechsler K. The influence of braiding configuration on damage tolerance of drive shafts /In: SAMPE EUROPE 30-th international Jubilee Conference and Forum. Paris. 2010. P. 364–371
4. T.D. Kostar and T.-W. Chou. *Braided Structures in 3-D Textile Reinforcements in Composite Materials*: Woodhead Publ. Ltd, Cambridge, England. 1999, p. 21-240.
5. Лаврис Е.В. Цельнотканые оболочки с триаксиальной структурой: текстильные изделия нового поколения // *Текстильная промышленность*. 2008. №11-12. С.56-57.

## КОНЦЕПЦИЯ РАЗРАБОТКИ НОВОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ БОЕВОЙ ОДЕЖДЫ ПОЖАРНОГО

### THE DEVELOPMENT A NEW COMPOSITE MATERIAL FOR FIGHTING FIRE CLOTHING

Д.В. Сорокин, А.Л. Никифоров, И.М. Чистяков, С.Н. Животягина, Е.В. Стрижак  
D.V. Sorokin, A.L. Nikiforov, I.M. Chistyakov, S.N. Zhivotjagina, E.V. Strizhak

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России  
The Ivanovo Fire And Rescue Academy of The State Fire Service of EMERCOM of Russia  
E-mail: element\_37@mail.ru, anikiforoff@list.ru

Рассмотрена структура пакета материалов боевой одежды пожарного. Определены основные причины снижения теплозащитных свойств материалов боевой одежды. Предложена новая концепция разработки многослойного композиционного материала, выполненного на базе текстильной 3D матрицы.

**Ключевые слова:** боевая одежда пожарного; теплозащитные свойства; композиционный материал; текстильная 3D матрица; теплоизоляционная подкладка.

The structure of the complete of materials for fighting clothes of the fireman is determined. Main reasons of reduction of thermal properties of materials of fighting clothes are identified. The new concept of development of multi-layered composite material, made on the base of the 3D matrix of textiles is proposed.

**Keywords:** fireman wear; thermal insulation properties; composite material; textile 3D matrix; thermal insulation lining.

В рамках научно-исследовательских работ, проводимых в ФГБОУ ВО Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России, идут разработки перспективного композиционного материала, обладающего пониженной горючестью и эффективной теплоизолирующей способностью, предназначенного для использования при изготовлении специальной защитной одежды пожарного. Традиционно используемые материалы: брезент, винилискожа, войлок, шерстяные и полушерстяные ватины с огнезащитной пропиткой – морально и технически устарели и не соответствуют требованиям времени и развитию науки и технологий. Современные материалы «Тварон», «СВМ», «КЕВЛАР», «Конекс», «Номекс» обладают высокими огне- и теплозащитными свойствами, однако являются достаточно дорогостоящими.

Концепция нового материала базируется на создании единого композиционного материала, изготовленного с использованием современных достижений текстильной и химической наук и технологий.

Создание новых веществ и композиций, снижающих горючесть полимерных материалов и обладающих малой токсичностью и низкой дымообразующей способностью, остается крайне актуальной задачей, причем требования к замедлителям горения ужесточаются.

Работа пожарного зачастую связана с выполнением задач в экстремальных условиях, таких как высокая температура окружающей среды, воздействие огнетушащих веществ, воздействие открытого пламени, кратковременный контакт с раскаленными предметами, негативное механическое воздействие. Именно от этих опасных факторов должна обеспечивать защита боевая одежда пожарного (далее – БОП).

На сегодняшний день испытания БОП проводятся по ГОСТ Р 53264-2009 [0, с. 12] и показывают соответствие общим техническим требованиям. Однако данные испытания условно моделируют нагрузки, которые будут воздействовать на БОП в процессе ее эксплуатации на пожаре. В частности, не учитывают влияние на нее температурно-

влажностного режима подкостюмного пространства и внешнее воздействие огнетушащих веществ при тепловых испытаниях. Также не учитывается уровень защитных свойств пакета материалов БОП после многократных механических и термических воздействий. В результате при регулярной эксплуатации БОП перестает соответствовать предъявляемым техническим требованиям еще до истечения нормативного срока эксплуатации [2, с. 61].

Разработка современных материалов для БОП невозможна без понимания механизмов воздействия опасных факторов пожара на человека, а именно без выявления принципа работы системы «Окружающая среда-БОП-Человек».

Пакет материалов и тканей, используемых для изготовления куртки, брюк (полукомбинезона) БОП структурно состоит из 3 основных слоев:

- материала верха, выполненного из негорючих материалов для защиты от кратковременного воздействия открытого пламени, а также механических воздействий;
- водонепроницаемого слоя, выполненного из различных полимерных материалов для защиты от негативных воздействий влаги, ветра;
- теплоизоляционной подкладки, выполненной из материалов с низкой теплопроводностью, предназначенной для защиты от повышенных тепловых воздействий окружающей среды (Рис.1).

Допускается совмещение водонепроницаемого слоя с теплоизоляционной подкладкой или материала верха с водонепроницаемым слоем (материал с полимерным пленочным покрытием) [1, с. 5]. На рис. 1 показана структура пакета материалов БОП

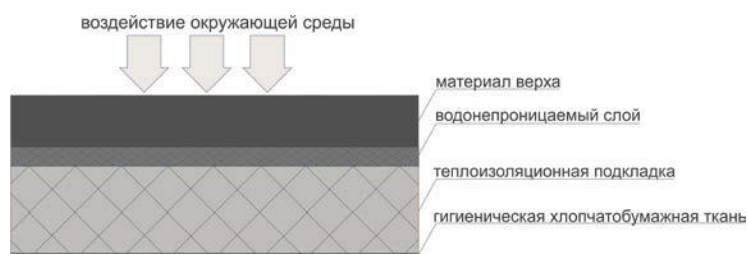


Рис. 1. Структура пакета материалов БОП

Конструктивное исполнение пакета материалов БОП направлено за защиту пожарного от внешних опасных и вредных факторов окружающей среды на пожаре, основным из которых является повышенное тепловое воздействие. Коэффициент теплопроводности пакета материалов БОП напрямую зависит от влажности. Для защиты от воды, поступающей из окружающей среды в конструкции БОП, предусмотрен водонепроницаемый слой. Однако влага в пакет материалов может поступать не только из окружающей среды, но и в результате потоотделения человека при интенсивной физической нагрузке и высоких температурах. Количество влаги, передаваемое в пакет материалов БОП, может быть значительным. Так в работе [3, с. 58] приведены показатели потоотделения человека при интенсивной работе в специальной защитной одежде пожарного, количество влаги, выделяемое при этом способно повысить значение коэффициента теплопроводности теплоизоляционного слоя БОП более чем в 2 раза. Следовательно, при выполнении пожарным оперативно-тактических задач, связанных с воздействием повышенных тепловых потоков, произойдет сокращение нормируемого времени защитного действия.

Возникает некий парадокс: организм человека, осуществляя терморегуляцию при помощи потоотделения, ускоряет рост температуры в подкостюмном пространстве боевой одежды пожарного.

Для более детального рассмотрения, какими качественными свойствами должен обладать современный композиционный материал для БОП, мы провели в этой области обзор литературы, а также ряд исследований стоящей на вооружении одежды пожарного с целью выявления ее основных недостатков и причин снижения защитных свойств пакета материалов.

В ходе исследования были выявлены следующие основные причины снижения теплозащитных свойств пакета материалов БОП:

- повышенная влажность пакета материалов БОП, возникающая при внешнем воздействии огнетушащих веществ и внутреннем увлажнении в результате повышенного потоотделения пожарного во время выполнения тяжелой работы при высоких температурах;
- уменьшение толщины теплоизолирующего слоя БОП под влиянием механического воздействия, происходящего в результате сжатия пакета материалов при сгибании коленных и локтевых суставов в сидячем положении, при воздействии веса дыхательного аппарата на область плеч, слипанию пакета материалов в результате многократных механических и термических воздействий;
- повышенная теплопроводность светоотражающих лент и логотипов;
- термическая деструкция материалов БОП, которая может протекать без видимых изменений внешнего слоя и приводить к значительному снижению тепловой устойчивости материалов [4, с. 7], [5, с. 89].

Мы видим, что основными причинами потери теплозащитных свойств пакета материалов БОП являются факторы, которые не учитываются при испытаниях БОП по ГОСТ Р 53264-2009 [0, с. 12], о чем упоминалось выше. Можно отметить, что при разработке нового композиционного материала необходимо добиться повышенной устойчивости теплоизолирующего слоя не только к тепловым, но и к механическим воздействиям, что позволит обеспечить соответствие предъявляемым требованиям на весь срок эксплуатации.

В настоящее время в Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России на кафедре пожарной безопасности объектов защиты (в составе УНК «Государственный надзор») разрабатывается концепция комплексного подхода к созданию огнезащитных материалов и изделий из них. В рамках выполнения данных работ предусматривается создание образца многослойного композиционного материала, выполненного на базе текстильной 3D матрицы. В качестве основного материала матрицы предлагается использовать нити из негорючих (например - арамидных) волокон. Толщина и жесткость матрицы, равно как и плотность переплетений ее поверхностей может изменяться с учетом технических требований к готовому изделию. В первую очередь, это касается показателей теплоизолирующей способности и способности гасить ударные нагрузки. На обе поверхности матрицы должно быть нанесено пленочное полимерное покрытие, выполненное из полисиллоксана (негорючий, химически инертный полимер с высокими показателями температурной устойчивости). Данное покрытие предназначено для защиты от жидких сред, а также как дополнительная теплоизоляция. При этом в наружный слой пленки могут быть интегрированы различные наполнители, повышающие эффективность отдельных свойств, таких как способность отражать тепловой поток и др. Наличие двух непроницаемых поверхностей с воздушным промежутком между ними открывает дополнительные возможности по созданию отдельных модулей – камер, пространство которых может заполняться на короткое время хладагентами (например, углекислотой) и способствовать дополнительной защите личного состава от воздействия высоких температур. В целях обеспечения гигиены внутренняя поверхность предлагаемого «сэндвича», которая предполагает контакт с кожными покровами человека может быть продублирована съемным слоем хлопчатобумажной ткани с небольшой поверхностной плотностью, но значительной толщиной (например – молескин, байка, фланель, трикотаж). Получаемый таким образом материал предполагается использовать для изготовления защитных костюмов. При этом толщина материала различных элементов костюма будет неоднородной: должен учитываться уровень и вероятность поражения частей тела человека в зависимости от выполняемых работ. Предполагается разработка защитного костюма со съемными защитными модулями, которые могут быть легко заменены в случае выхода из строя в ходе эксплуатации, что значительно повысит экономический эффект за счет увеличения срока службы костюма.

## ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ Р 53264-2009. Техника пожарная. Специальная защитная одежда пожарного. Общие технические требования. Методы испытаний. Национальный стандарт Российской Федерации. Стандратинформ. – 2009. – С. 37.
2. Архиереев К.Э., Игнатова И.Д., Логинов В.И. Исследования по определению возможности увеличения срока службы боевой одежды пожарного // «Пожарная безопасность». – 2014. – №4. – С. 61
3. Михайлов Е.С., Логинов В.И. Влияние температурно-влажностного режима внутреннего пространства термоагрессивостойких костюмов на их теплозащитные свойства // Пожарная безопасность. – 2014. – №1. – С. 56.
4. Final Report of Thermal Capacity of Fire Fighter Protective Clothing. Fire Protection Research Foundation. – 2008. – 37 pp.
5. Логинов В.И., Игнатова М.Д., Архиереев К.А. Результаты испытаний специальной защитной одежды пожарного на стенде «Термоманекен» // Пожарная безопасность. – 2011. – №3. – С. 89.

УДК677.021.256

### **АНАЛИЗ ЗАЖИМНЫХ МЕХАНИЗМОВ ТРЕПАЛЬНЫХ МАШИН С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАСЧЕТА**

#### **ANALYSIS OF TIGHTENING MACHINES OF TREPICAL MACHINES WITH THE USE OF THE AUTOMATED CALCULATION SYSTEM**

А.С. Чувиляева, Н.И. Коваленко, С.Н. Разин  
A.S. Chuvilyaeva, N.I. Kovalenko, S.N. Razin

Костромской государственный университет  
Kostroma State University

E-mail: a\_fominikh@mail.ru, nika.sneg.k@gmail.com, razin1954@list.ru

Рассмотрены конструкции трепальных машин различных марок для переработки лубяных волокон. Определены их отличительные особенности и влияние на надежность зажима обрабатываемых прядей волокна. Разработан алгоритм и программное обеспечение для проведения расчета параметров машин. Полученные результаты могут быть использованы при проектировании трепальных машин.

**Ключевые слова:** трепание; проектирование; прядь; натяжение.

Considered are the designs of trepal machines of various grades for processing bast fibers. Their distinctive features and influence on the reliability of the clamping of processed fiber strands are determined. An algorithm and software for calculating the parameters of machines has been developed. The results obtained can be used in designing trepal machines.

**Keywords:** fluttering; projection; strand; tension.

Основным показателем работы заводов по переработке лубяных культур является выход длинного волокна. Он зависит от различных факторов. Одним из них является надежность зажима обрабатываемых прядей в зажимном механизме трепальной машины. Сущность процесса трепания заключается в поочередной обработке прядей в каждой из секций трепальной машины. При этом одна часть пряди зажимается в ремнях зажимного механизма, а оставшаяся часть свисает в зону трепания и подвергается ударным воздействиям со стороны бил трепальных барабанов. В первой секции трепальной машины зажимается вершинная часть пряди и обрабатывается комлевая. Во второй секции трепальной машины зажим осуществляется за обработанную комлевою часть, а обработке

подвергается вершинная часть пряди. Рабочие ветви транспортирующих ремней зажимных механизмов двигаются в металлических руслах, конструктивное исполнение которых определяется конструктивными особенностями трепальных машин. К ним относится в частности взаиморасположение барабанов в каждой из ее секций. Внутри секций трепальной машины двустороннего действия оси трепальных барабанов могут находиться или в одной горизонтальной плоскости (машины МТ-530-Л, ШПО-2 и другие), или один барабан располагается выше другого (в машинах МТ-100-Л, ТЛ-40, ТММ-200-К) [1, с. ].

На рис.1 представлена схема трепальной машины МТ-530-Л. Оси трепальных барабанов  $O_1$  и  $O_2$  расположены в одной горизонтальной плоскости. Ось симметрии машины совпадает с осью симметрии ремней 4 и 5 зажимного механизма. Точка зажима прядей т.О смещена на 0,02м. Ремни зажимного механизма этой машины двигаются в специальных металлических руслах, стенки которых прямолинейны и имеют одинаковый угол наклона. Стенки русла не соприкасаются с боковыми поверхностями верхнего ремня 5. Отсутствие опоры может приводить к отклонению бокового участка верхнего ремня в результате действия бил 3 трепальных барабанов. В результате этого при неравномерном по толщине слое обрабатываемых прядей и высокой их растянутости силы зажима прядей оказывается недостаточной для их удержания. Это приводит к выпадению ценного длинного волокна в отходы трепания.

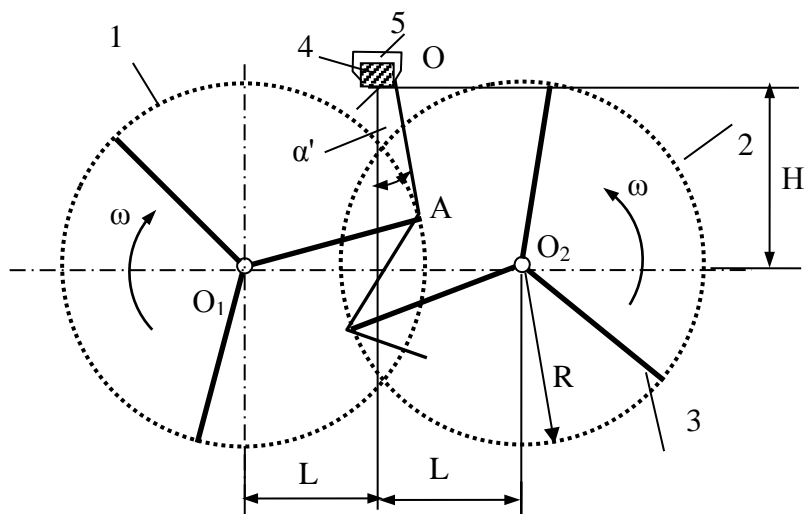


Рис.1. Схема трепальной машины МТ-530-Л

В модели трепальной машины агрегата МТА-2Л оси трепальных барабанов расположены на разной высоте, а в зажимном механизме правая стенка русла первой секции трепальной машины (соответственно левая стенка во второй секции) служит опорой для боковой поверхности верхнего ремня (рис.2).

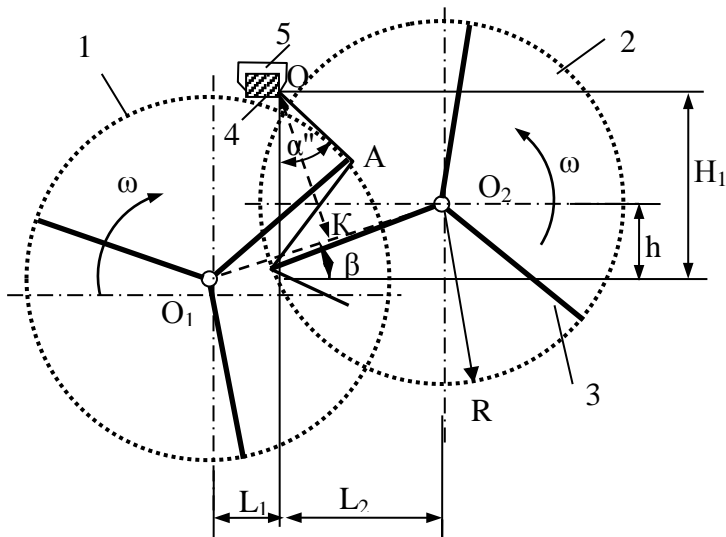


Рис.2. Схема трепальной машины МТ-100-Л

При такой конструкции отсутствует отклонение бокового участка верхнего ремня. Это обеспечивает надежность удержания обрабатываемых прядей. Однако способствует увеличению сил трения стенок русла с боковой поверхностью верхнего ремня, препятствующих продольному движению транспортирующего ремня. Это приводит к снижению его срока службы и увеличению затрат электроэнергии.

Теоретического обоснования различий в конструктивном исполнении трепальных машин нами не обнаружено. В связи с этим становится актуальной задача проведения такого исследования.

В настоящее время расчет и проектирование машин и механизмов невозможно без использования компьютерных технологий. В связи с этим для решения поставленной задачи разработан алгоритм и программное обеспечение, позволяющее проанализировать конструкции трепальных машин при различных параметрах. Программа дает возможность рассчитать угол отклонения пряди на участке от точки ее зажима т.О до траектории движения бил барабанов 1 и 2, а также горизонтальную и вертикальную составляющие силы натяжения пряди. Блок схема алгоритма представлена на рис.3.

На первом шаге алгоритма задаем исходные данные для проведения расчетов. На втором шаге рассчитываем геометрические и технологические параметры машин. На третьем шаге задаем табличное значение силы натяжения пряди  $T$  в зависимости от времени. и аппроксимируем эту зависимость линейной комбинацией функций.

На пятом – восьмом шаге в цикле находим значение параметров  $Z_i$  и  $Z1_i$ . Параметр  $Z_i$  определяет положение кромки била левого барабана относительно прямой, соединяющей точку зажима т.О с кромкой била правого барабана. Параметр  $Z1_i$  определяет положение кромки била правого барабана относительно прямой, соединяющей точку зажима т.О с кромкой била левого барабана. Для расчета используем уравнение, соответствующее положению точек  $O, A_1, A_2$  расположенных на одной прямой :

$$(Y_{A_2} - Y_{A_1})(X_i - X_{A_1}) - (X_{A_2} - X_{A_1})(Y_i - Y_{A_1}) = Z_{i1}$$

$$(Y_{A_2} - Y_{A_1})(X_i - X_{A_1}) - (X_{A_2} - X_{A_1})(Y_i - Y_{A_1}) = Z1_{i1}$$

На шаге 9-22 алгоритма определяем два последовательных момента времени, при которых функции  $W_{i1}$  и  $W1_{i1}$  поменяют знак на противоположный. Для этого определяем параметр  $W_i$  и  $W1_i$  по отношению:



$$W_{i1} = \frac{Z_{i1+1}}{Z_{i1}} \text{ и } W1_{i1} = \frac{Z1_{i1+1}}{Z1_{i1}}$$

Кроме того определяем номер итерации, на которой произошла смена знака этих функций. На шаге 21 определяем моменты времени начала взаимодействия кромки левого барабана  $t_z$  с прядью и кромки правого барабана с прядью  $t_{z1}$ . На шаге 23 - 29 алгоритма определяем в цикле значения углов отклонения пряди от ее вертикального положения в результате действия, как левого, так и правого барабанов. Далее рассчитываем максимальные и минимальные значения горизонтальной и вертикальной сил натяжения пряди, возникающих от действия левого и правого барабанов по отдельности, а также длину необработанной части пряди.

Анализ полученных результатов расчетов с использованием программы показал, что наибольшего значения максимальный угол отклонения пряди достигает в машине МТ-100-Л и составляет 50 градусов. В то время как в машине МТ-530-Л он составляет 8 градусов. Сравнительный анализ составляющих сил натяжения пряди показал, что в машине МТ-100-Л горизонтальная составляющая превышает аналогичную величину в машине МТ-530-Л приблизительно в семь раз. Следует заметить, что для машины МТ-530-Л вертикальная составляющая больше горизонтальной приблизительно в десять раз. Существенным недостатком машины МТ-530-Л как показали расчеты, является большая длина необработанной части пряди по сравнению с этим параметром для машины МТ-100-Л. Для машины МТ-530-Л она составляет в среднем 0,166м, а для машины МТ-100-Л – 0,06м.

Разработанное программное обеспечение позволяет проводить расчеты исследуемых параметров при различных значениях радиусов трепальных барабанов, а также при различной длине прядей. Это позволит проследить изменение составляющих сил натяжения прядей по длине трепальных секций машин различных марок и определить направления совершенствования зажимных механизмов, способных повысить надежность фиксации прядей, что в дальнейшем повысит выход ценного длинного волокна в процессе трепания.

#### ЛИТЕРАТУРА

1.Коваленко Н.И., Разин С.Н. Влияние конструктивного исполнения трепальных машин на условия работы зажимного механизма// Изв. вузов. Техн.текст.пр. 2015. №5.С.

УДК 678.021

### **СИСТЕМАТИЗАЦИЯ ТРЕБОВАНИЙ К ПУШНО-МЕХОВОМУ ПОЛУФАБРИКАТУ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ПРОЦЕССА ПРОЕКТИРОВАНИЯ МЕХОВОЙ ОДЕЖДЫ**

### **SYSTEMATIZATION OF THE REQUIREMENTS TO FUR SEMI-FINISHED PRODUCT FOR QUALITY MANAGEMENT OF THE DESIGN PROCESS FUR GARMENTS**

М.А. Гусева, Е.Г. Андреева  
M.A. Guseva, E.G. Andreeva

Российский государственный университет им. А.Н.Косыгина  
(Технологии. Дизайн. Искусство), (Москва)  
The Kosygin State University of Russia, (Moscow)  
e-mail: guseva\_marina67@mail.ru, elenwise@mail.ru

Рассмотрен процесс управления качеством процесса проектирования меховой одежды на основе оценки и регулирования эстетических, конструкторско-технологических, эксплуатационных и

социальных свойств пушно-мехового полуфабриката с учетом функционального назначения изделий. Разработана система требований к меху как материалу с широким спектром регулируемых свойств. Предложены способы управления свойствами проектируемых меховых изделий.

**Ключевые слова:** мех; волосяной покров; ассортимент одежды; отделка меха.

**The paper describes quality management of the design process fur garments based on the assessment of aesthetic, technological, operational, social properties of fur semi-finished product taking into account the functional purpose of the products. It shows system of requirements for fur as a material with a wide range of controlled properties. It proposes ways of managing the properties of the designed product of furs.**

**Key words:** fur; leather; hairline of skin; assortment of garment; finishing of furs.

Современное состояние меховой отрасли и развитие конъюнктуры рынка способствуют сохранению высокого потребительского спроса на меховые товары, отражающие направление моды [1]. Если в конце XX века меховую моду считали инертной и имеющей цикл развития не менее 30-40 лет [2, С.14], то современный дизайн меховых изделий изменяется достаточно динамично [3], что связано с достижениями в сфере обработки сырья и отделки пушно-мехового полуфабриката [4], с развитием способов формообразования [5], созданием разнообразных покровов [6] и силуэтов [7], совершенствованием технологии раскроя и пошива изделий. Следует отметить, что с 2004 г. к одежде из натурального меха вернулся интерес ведущих мировых дизайнеров, появилась новая ассортиментная концепция меховых изделий, расширив спектр промышленных коллекций от платьев и жилетов до чехлов на телефоны и кресла автомобилей. Благодаря инновационным технологиям обработки и дизайна меховая одежда приобретает всё новое функциональное назначение помимо такого традиционного, как защита от холода или атрибут роскоши. В моделях одежды могут успешно сочетаться меховые и текстильные материалы самых разных фактур. Необходимость прогнозировать и регулировать свойства проектируемых изделий с учетом функционального назначения обуславливает актуальность разработки системного подхода к конфекционированию изделий из различных видов меха, включая его сочетание с другими материалами.

#### **Управление качеством проектирования меховой одежды**

В настоящее время российскими нормативными документами регламентированы показатели качества более 90 видов пушно-мехового полуфабриката. Популярность разных видов меха меняется в зависимости от его престижности, модности или доступности [2, С.15], а иногда от условий мирового рынка таких, как, например, запрет Европейского парламента на торговлю изделиями из меха кошек и собак (2009 г.), связанный с этическими чувствами владельцев домашних питомцев. Сравнительный анализ средних цен за последние годы на основные виды пушно-мехового сырья, реализуемого через аукционы [8; 9], позволяет говорить об имеющейся тенденции к снижению стоимости пушнины (рис. 1) и соответственно о повышении доступности изделий из меха для все более широких кругов населения.



Рис.1. Сравнительный анализ средних цен (в долларах США) на основные виды пушно-мехового сырья (по данным аукционов «SAGA FURS» и «Союзпушнина») [8; 9]

Современные технологии химической и механической отделки мехового полуфабриката, в том числе позволяющие имитировать более ценные виды пушнины, предоставляют возможность не только изменять свойства этого материала [10], но и изготавливать более экономичные изделия с повышенными эстетическими свойствами. Разрабатываются инновационные технологические приемы изменения поверхности мехового полотна [11], выступающей в качестве объекта дизайна, что позволяет прогнозировать эстетичность и функциональность волосяного покрова меха и соответственно внешний вид готового изделия [12]. В связи широкой вариативностью свойств пушно-меховых полуфабрикатов важно обоснованно прогнозировать и управлять свойствами меховых изделий на этапе их проектирования. Один и тот же художественный замысел дизайнера может быть реализован разными средствами, например, с использованием меха естественной окраски, с окрашенным или стриженным волосяным покровом, из целых шкурок или скорняжного лоскута. Выбор обработки, отделки, способа раскроя пушно-мехового полуфабриката во многом предопределяет его свойства, поэтому в процессе проектирования важно учитывать специфику каждой партии меха для решения задач конфекционирования отдельных моделей. С другой стороны, разнообразие эстетических свойств натурального меха и возможность их технологической модификации являются дополнительным творческим инструментом для возникновения и воплощения все более оригинальных дизайнерских решений меховых изделий.

Разработка системы требований к меху как материалу для одежды

В отличие от текстильных материалов свойства натурального меха могут отличаться даже для нескольких партий пушно-меховых шкурок одного вида. Производственные партии шкурок отличаются по размерам шкурок, сортности, особенностям волосяного покрова и кожаной ткани, поэтому процесс оценки качества пушно-мехового полуфабриката и подбора шкурок на изделие зависит от навыков и опыта персонала предприятия.

Для управления качеством готового мехового изделия в процессе его проектирования проведено структурирование и классификация комплекса свойств пушно-мехового полуфабриката, что позволило разработать алгоритм обоснованного выбора меха, учитывающий функциональное назначение каждой модели.

В качестве основных требований к свойствам пушно-мехового полуфабриката, предназначенного для проектирования и изготовления одежды, нами выделены:

1. Требования к *геометрическим* свойствам натурального меха, в т.ч. к длине, ширине, площади, поверхностной плотности, общей толщине пушно-мехового полуфабриката, толщине кожаной ткани с учетом топографии шкурки, высоте волосяного покрова, длине остевых и пуховых волос.

2. Требования к *механическим* свойствам натурального меха, в т.ч. к устойчивости к растяжению, изгибу и трению.
3. Требования к *физическим* свойствам, в т.ч. к гигроскопическим свойствам, проницаемости, теплофизическим и оптическим свойствам, электризуемости.
4. Требования к *долговечности и ремонтпригодности*, в т.ч. к механическому, физико-химическому и биологическому износу, сохраняемости внешнего вида и формоустойчивости.
5. *Социальные* требования, в т.ч. соответствие потребительскому спросу и его прогнозу на внутреннем и мировом рынке, престижность качества, социальная адресность и моральное старение
6. *Функциональные* требования, в т.ч. соответствие конкретному назначению (образу жизни, обстановке труда и отдыха), соответствие требованиям потребителей (возрастным, психологическими и специфическим особенностям), теплозащитность, ветрозащитность
  - а. *Эстетические требования*, в т.ч. к внешнему виду по колористическому оформлению волосяного покрова, кожаной ткани и пленочного покрытия, по соответствию современным модным тенденциям, по степени выразительности, фактуре строения, опушенности, пышности, блеску, шелковистости и туше волосяного покрова, текстуре кожаной ткани, а также к целостности меха по чистоте окраски и однородности волосяного покрова.
7. *Эргономические* требования, в т.ч. к легкости меха и мягкости волосяного покрова.
8. Требования *безопасности*, в т.ч. биологической и химической.
9. Требования *экологичности*, в т.ч. по безвредности меха для человека и окружающей среды.
10. *Экономические* требования, в т.ч. материалоемкость, трудоемкость и ценность.
11. Требования к *проектируемости*, в т.ч. конструктивность и технологичность.

Предложенный алгоритм позволяет детализировать вышеуказанные свойства пушно-мехового полуфабриката и оформить в понятном и удобном для пользователей (конструкторов, технологов, скоряков) автоматизированном формате. В рамках разработанного алгоритма пользователь взаимодействует с базой данных САПР с помощью последовательного, пошагового анализа эстетических, конструкторско-технологических, эксплуатационных, социальных и других свойств проектируемого изделия с целью последующего подбора пушно-мехового полуфабриката, отвечающего требованиям, предъявляемым к характеристикам меха для воплощения замысла дизайнера изделия. Если отобранный вид меха отсутствует в сырьевых ресурсах предприятия, то оперативно повторяют поиск и производят замену одного вида меха на другой с подходящими потребительскими свойствами.

Применение современных информационных технологий позволяет повысить качество и автоматизировать процесс проектирования меховой одежды, ускорить процесс накопления профессионального опыта конструкторам и технологам. С учетом темпов развития IT-технологий целесообразно создавать базы данных, которые ориентированы на постоянное пополнение как саморазвивающаяся система [13]. Таким образом, конструкторы и технологи, работая с базами данных САПР меховой одежды и производства, получают доступ к детальной информации о свойствах имеющегося в наличии пушно-мехового полуфабриката и возможность прогнозировать качество проектируемого изделия.

#### **Регулирование свойств пушно-мехового полуфабриката (фрагменты процесса)**

Широкий спектр свойств натурального меха можно регулировать в процессе технологической обработки шкур. Так, окрашиванием или стрижкой волосяного покрова [4] можно сформировать свойства, не характерные для данного вида пушно-мехового полуфабриката. Декоративное окрашивание экономичных видов меха позволяет создавать имитации более дорогих шкур, не доступных многим потребителям. Мех нутрии после стрижки, удаления остевых волос и окрашивания может стать похожим на норку и соболя, превосходя их шкурки по площади, что позволяет одновременно улучшить эстетические и экономические свойства меха. Таким образом, качество меховой одежды можно

регулировать в процессе проектирования путем подбора на проектируемую модель меха определенного вида из известной партии шкурок на основе анализа характеристик свойств, наиболее значимых для функционального назначения готового изделия.

Согласно результатам экспериментального исследования выборки меховой одежды известных производителей (рис.2) можно утверждать, что геометрические свойства пушно-мехового полуфабриката (например, высота волосяного покрова) влияют на проектирование конструкции и технологии изготовления изделия [14].

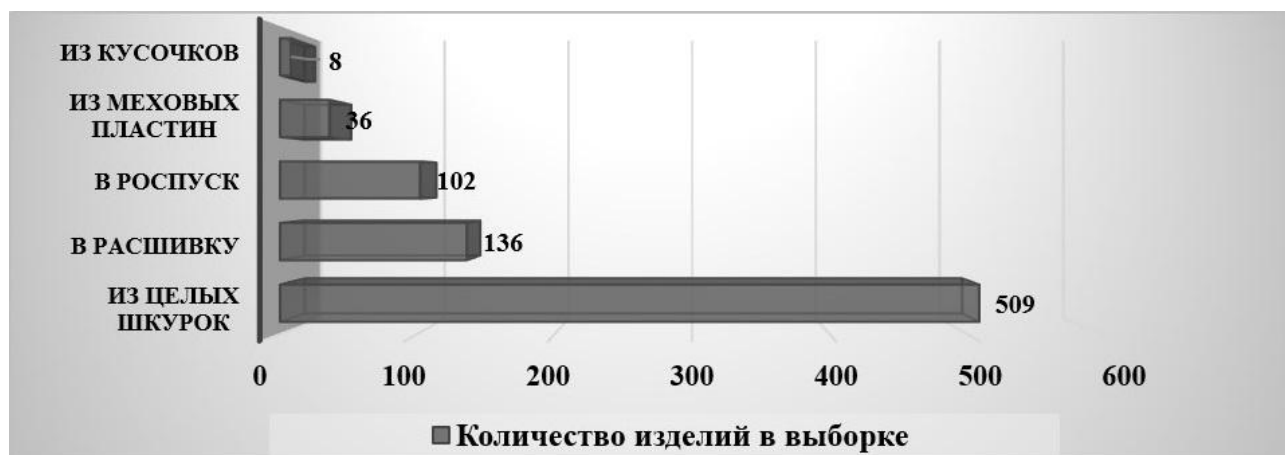


Рис.2. Диаграмма распределения исследуемой выборки моделей меховой одежды по используемым методам раскроя пушно-меховых шкурок

На рисунке 3 отражена взаимосвязь между геометрическими свойствами пушно-мехового полуфабриката (классификационной характеристикой высоты волосяного покрова), технологическими характеристиками процесса изготовления изделия (особенностями раскроя и соединения шкурок) и конструктивными параметрами изделия (прибавками на свободу облегания). Установленные закономерности легли в основу алгоритмизации процесса проектирования меховых изделий, обеспечивающего высокий уровень качества готовых изделий.

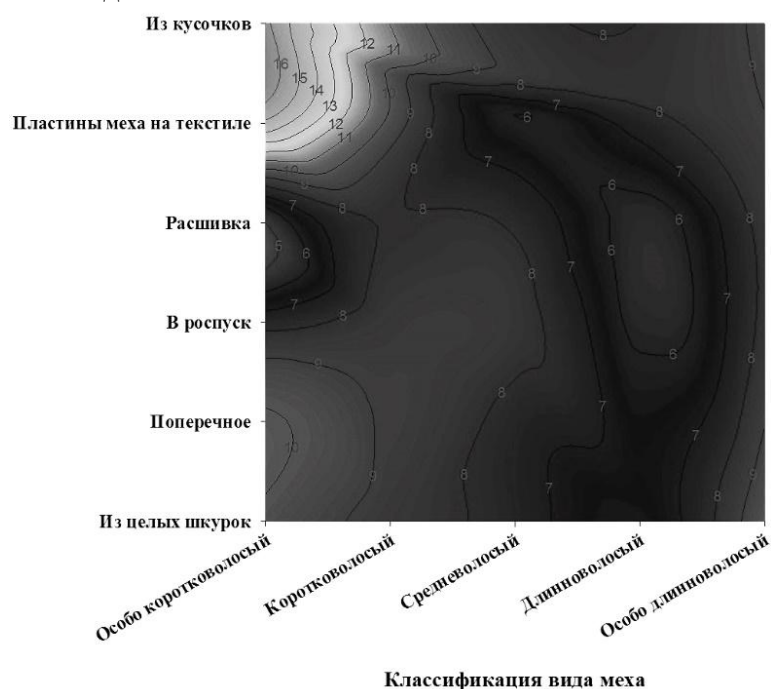


Рис.3. Изолинии кусочно-полиномиальной аппроксимации зависимости конструктивных прибавок по линии груди ( $P_g$ , см) от высоты волосяного покрова и методов раскроя пушно-мехового полуфабриката

Экспериментальное исследование конструкций меховых изделий промышленного производства, отличающихся превосходным качеством посадки, показало, что при использовании сложных методов раскроя пушно-мехового полуфабриката или соединении целых шкурок конструктивную прибавку по линии груди традиционно распределяют равномерно по всем конструктивным участкам: спинки, проймы и переда. В то время, как в изделиях из скорняжного лоскута большую часть прибавки на свободу облегания по линии груди ( $\approx 50\%$ ) распределяют на участке проймы Пшпр (рис.4) так же, как и в изделиях из текстильных материалов.

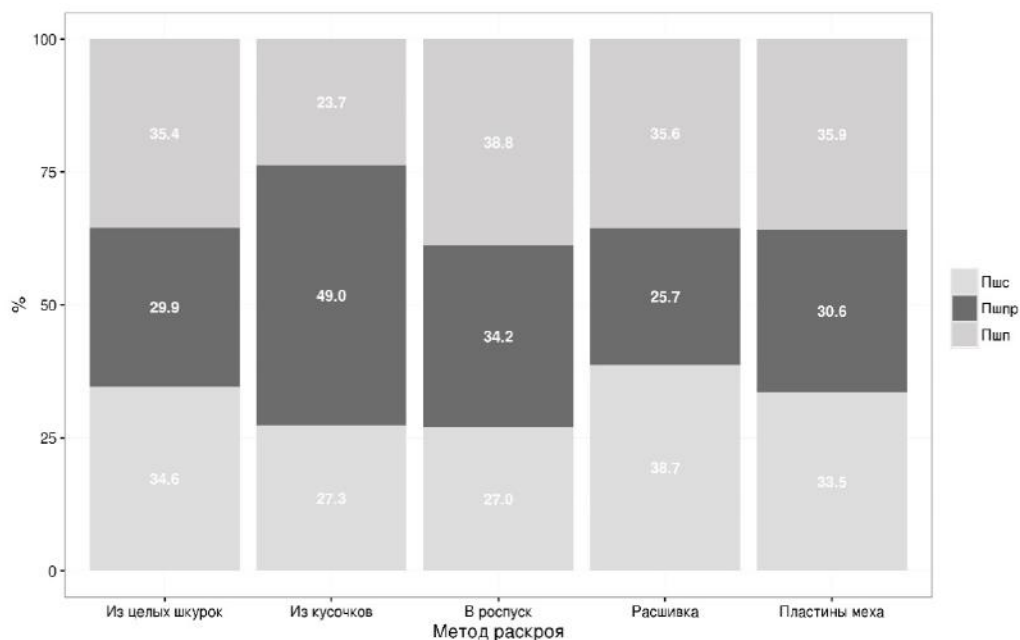


Рис.4. Диаграмма распределения конструктивной прибавки по линии груди в меховой одежде по участкам спинки, проймы и переда в зависимости от выбранного метода раскроя шкурок

### Заключение

На качество меховых изделий существенное влияние оказывает обоснованность подбора пушно-мехового полуфабриката для изготовления проектируемых моделей. В зависимости от функционального назначения меховой одежды значимость требований к разным свойствам меха существенно меняется, что предопределяет необходимость системного подхода к анализу характеристик пушно-мехового полуфабриката, чтобы своевременно учитывать их и иметь возможность корректно регулировать конструктивные и технологические параметры изделия.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Гусева М.А., Андреева Е.Г. Перспективные тенденции развития меховой отрасли промышленности РФ // Техника и технологии: роль в развитии современного общества. - 2016, №7. - С.3.
2. Кутюшев Ф.С. Скорняжное производство. – М.: Легпромбытиздат, 1989. – 224 с.
3. Гусева М.А., Андреева Е.Г. Композиция пространственной формы меховой одежды // Научный журнал КубГАУ. – 2016, № 119. - С.31-43.
4. Гусева М.А., Андреева Е.Г. Инновационные технологии отделки в традиционном ассортименте меховых изделий // Universum: технические науки. 2016. № 7 (28).- С.10.
5. Гусева М.А., Андреева Е.Г., Петросова И.А., Хмелевская А.Г. Средства формообразования и формозакрепления в современной меховой одежде// Научный журнал КубГАУ. – 2016, № 120. - С.1425-1435.

6. Гусева М.А., Петросова И.А., Андреева Е.Г. Особенности покроя современной меховой одежды // В сборн. мат. XI Междунар. науч.-практ. конф. «Кожа и мех в XXI веке: Технология, качество, экология, образование».- Улан-Удэ, ВСГУТУ, 2015.- С.208-212.
7. Гусева М.А., Андреева Е.Г., Мартынова А.И. Исследование конструктивных прибавок в меховых изделиях различных силуэтов // Дизайн и технологии. – 2016, № 52, С. 50-60.
8. SAGA FURS. URL: <http://www.sagafurs.com> (дата обращения: 15.04.2017)
9. Союзпушнина. URL: <http://www.sojuzpushnina.ru/> (дата обращения 15.04.2017).
10. Есина Г.Ф., Бузов Б.А., Бычкова И.Н. Потребительские свойства меха. – М.: МГУДТ, 2011. – 185 с.
11. Аипова М.К., Рубенян Л.А., Сафронова И.Н. Инновационные методы проектирования в дизайне меховых изделий// Дизайн. Материалы. Технология. - 2017, Т.45, №1. - С.5-9.
12. Рассадина С.П. Поверхность меховых полотен как объект дизайна// Известия вузов. Технология текстильной промышленности. - 2016, № 6 (366). - С.182-186.
13. Рогожин А.Ю., Гусева М.А. Концепция идеальной системы автоматизированного проектирования одежды // Дизайн и технологии. - 2016, № 52 (94). С.67-75.
14. Гусева М.А., Андреева Е.Г., Петросова И.А. Влияние методов раскроя на конструктивные параметры меховых изделий // Вестник Казанского технологического университета. – 2017, Т.20, №5. - С.56-60.

УДК 677.024.1

**СПОСОБ ПОСТРОЕНИЯ КОМБИНИРОВАННЫХ ПЕРЕПЛЕТЕНИЙ  
С ВИЗУАЛЬНЫМ ЭФФЕКТОМ ПОПЕРЕЧНЫХ ОБЪЕМНЫХ ЗИГЗАГОВ  
НА БАЗЕ ТЕНЕВЫХ САРЖ**

**THE DESIGN METHOD OF COMBINED INTERLACINGS WITH THE VISUAL EFFECT  
OF TRANSVERSE VOLUMETRIC ZIGZAGS ON THE BASIS  
OF THE SHADOW TWILLS**

Г.И. Толубеева, Д.А. Мирошниченко  
G.I. Tolubeeva, D.A. Miroshnichenko

Ивановский государственный политехнический университет  
Ivanovo State Polytechnical University  
E-mail: [tolubeevi@yandex.ru](mailto:tolubeevi@yandex.ru), [Denis.M.Ivanovo@yandex.ru](mailto:Denis.M.Ivanovo@yandex.ru)

В статье рассматривается способ построения новых комбинированных переплетений, позволяющих получить на однослойной ткани визуальный эффект объемных зигзагов. Приведены примеры переплетений поперечных теневых зигзагов с их расположением по восходящей и нисходящей линиям, построенных по авторскому способу, защищенному патентами Российской Федерации на изобретения. На примере переплетений с поперечными объемными зигзагами подробно рассмотрен новый способ построения переплетений, угол подъема зигзагов которых зависит от раппорта базовой саржи и сдвига вершин зубцов.

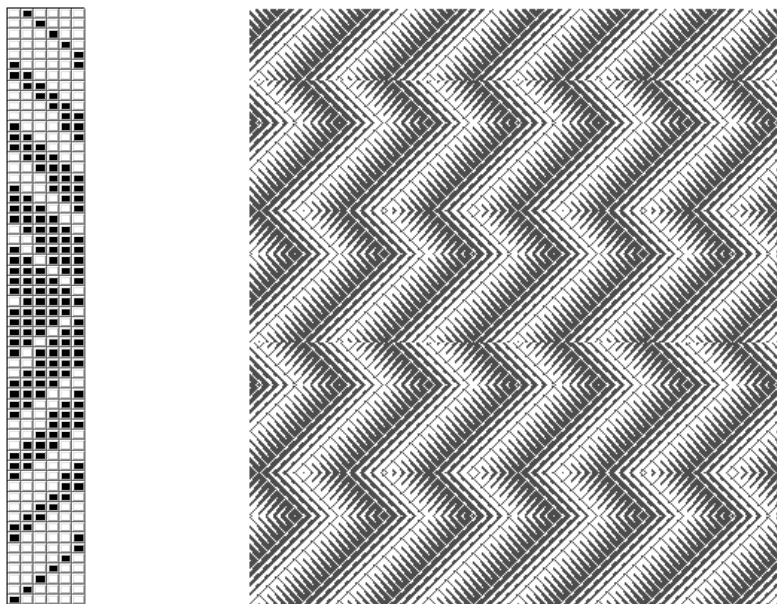
**Ключевые слова:** саржа; теневая саржа; комбинированное переплетение; визуальный эффект; объемные зигзаги; зубец; сдвиг вершин; раппорт; новый способ; автоматизированное построение.

The article discusses the way to build a new combined weaves, which allows to obtain a single-layer of the fabric visual effect of volume of zigzags. Examples of the interweaving of the transverse zigzag shadow with their location in the ascending and descending lines, based on the author's method, protected by patents of the Russian Federation for inventions. For example, interlacing with the transverse bulk zigzags discussed in detail a new method for constructing the thresholds, the elevation angle of zigzags which depends on the rapport basic twill and shift of the peaks of the teeth.

**Keywords:** twill; shadow twill; combined inter lacing fabric; visual effect; volume zigzags; tooth; peak shift; repeat; new method; automized design.

На кафедре технологии и проектирования текстильных изделий развивается направление создания новых комбинированных переплетений для получения на однослойных тканях эффектов различных псевдообъемных фигур. Переплетения, создающие на ткани визуальный эффект объемных геометрических фигур, становятся все более востребованными [1, с. 67-70]. Способы получения новых теневых переплетений с продольными, поперечными и наклонными полосами, ромбами, сотами, продольными и поперечными зубцами и зигзагами защищены патентами Российской Федерации на изобретения: № 2483147, № 2515863, № 2478742, № 2475573, № 2478743, № 2483149, № 2487203, № 2483148, № 2519921, № 2605379.

Рассмотрим подробнее методику построения переплетений с псевдообъемными поперечными зигзагами. Способ построения этих переплетений защищен патентом Российской Федерации на изобретение № 2478147 [2]. Базовыми переплетениями являются саржи и сатины главного класса с раппортом  $R_6$ , на основе которых выстраивают исходное теневое переплетение с переходом от переплетений с уточным эффектом к переплетениям с основным эффектом и обратно (или наоборот) вдоль основы или вдоль утка. Пример переплетения с псевдообъемными поперечными зигзагами, полученного на базе саржи 1/5, представлен на рис. 1. Исходное теневое переплетение выстраивалось вдоль основы, усиление одиночных перекрытий в ступенях также выполнялось вдоль основы (рис. 1-а). На рис. 1-б показан макет ткани.



а)

б)

Рис. 1. Исходное теневое переплетение и поперечное зигзагообразное теневое переплетение, полученные на базе саржи 1/5

Эффект объема зигзагов получают за счет того, что обратный световой переход исходных теневых переплетений формируют зеркальным отображением прямого светового перехода и изменением при этом знака сдвига перекрытий в ступенях переплетения на противоположный. В каждой ступени раппорт базовых сарж или сатинов повторяется по одному разу. Первоначально выстраивается первый зубец зигзагообразного переплетения. Для получения восходящей линии зигзагов прямую диагональ первого зубца переплетения выстраивают, сдвигая исходное теневое переплетение на один раппорт базовой саржи вправо, для получения нисходящей линии зигзагов – влево. Обратную диагональ первого зубца получают горизонтальным зеркальным копированием прямой диагонали. Второй зубец раппорта получают, сдвигая первый зубец вправо или влево на число нитей основы, равное



сдвигу вершин  $S_B = R_6(R_6 - 1)$  нитей. Для примера, представленного на рис. 1, сдвиг вершин составит  $S_B = 30$  нитей, раппорты по основе и по утку равны  $R_o = 174$ ,  $R_y = 176$  нитей. Методика расчета раппортов и подробное описание построения поперечных зигзагообразных теневого переплетения приведены в источнике [2].

Недостатком указанного способа является то, что число зубцов в раппорте постоянно и равно двум, сдвиг вершин  $S_B$  и угол подъема зигзагов зависят только от раппорта базового переплетения  $R_6$ .

Предложен способ построения теневого переплетения с эффектом объемных поперечных зигзагов с изменяемой в широких пределах величиной сдвига  $S_B$  вершин объемных зубцов, что позволяет изменять угол подъема (опускания) зигзагов и расширить ассортимент тканей с эффектом объемных геометрических фигур.

Раппорт по основе зигзагообразного переплетения зависит от системы нитей, вдоль которой выстраивается исходное теневое переплетение, величины и четности раппорта базового переплетения:

- при построение исходного теневого переплетения вдоль утка и любом раппорте  $R_6$ :

$$R_o = 2R_6(R_6 - 1) - 2; \quad (1)$$

- при построение исходного теневого переплетения вдоль основы:

- при нечетном раппорте  $R_6$  базового переплетения:

$$R_o = 2R_6[R_6(R_6 - 1) - 1]; \quad (2)$$

- при четном раппорте  $R_6$ :

$$R_o = R_6[R_6(R_6 - 1) - 1]. \quad (3)$$

Для изменения угла подъема или опускания восходящей или нисходящей линии зубцов теневого зигзагообразного переплетения на поверхности ткани принимают величину сдвига вершин  $\pm S_B$  нитей основы, изменяющуюся кратно раппорту  $R_6$  базового переплетения, в пределах:

$$R_6 \leq |S_B| \leq R_o - R_6. \quad (4)$$

Затем принимают число уточных нитей  $n_y$  до излома по утку в каждом зубце с учетом выполнения следующих условий:

- при построении исходного теневого переплетения вдоль основы:

$$n_y \geq 2R_6(R_6 - 1) - 2; \quad (5)$$

- при построении исходного теневого переплетения вдоль утка:

-при нечетном раппорте  $R_6$  базового переплетения:

$$n_y \geq 2R_6[R_6(R_6 - 1) - 1]; \quad (6)$$

- при четном раппорте  $R_6$ :

$$n_y \geq R_6[R_6(R_6 - 1) - 1]. \quad (7)$$

При этом число уточных нитей до излома должно удовлетворять неравенству:

$$n_y > |S_B| + R_6 + 2. \quad (8)$$

Далее определяют раппорт  $R_3$  зубца, число  $n_3$  зубцов в раппорте по утку и раппорт по утку  $R_y$  поперечного зигзагообразного теневого переплетения:

$$R_3 = 2n_y - |S_B| - 2; \quad (9)$$

$$n_3 = \frac{\text{НОК}(R_0, |S_B|)}{|S_B|}; \quad (10)$$

$$R_y = R_3 n_3. \quad (11)$$

Рассмотрим примеры построения новых комбинированных переплетений, полученных на базе саржи 1/5 с раппортом  $R_6 = 6$  нитей, с усилением отдельных перекрытий в ступенях исходного теневого переплетения вдоль основы.

На рис. 2 показаны примеры зигзагообразных теневого переплетения с восходящей линией зубцов, с расположением исходного теневого переплетения вдоль основы, раппорт которого показан на рис. 2-а. Раппорт по основе зигзагообразного переплетения, найденный по формуле (3), составил 174 нити. Величина сдвига вершин, рассчитанная по формуле (4), должна быть в пределах  $6 \leq |S_B| \leq 168$  нитей основы. Принимаем величину сдвига вершин, например,  $S_B = 42$  нити. Число зубцов, рассчитанное по формуле (10), составило 29.

Минимальные значения числа нитей утка до излома, найденные по формулам (5) и (8), составили 58 и 50 нитей, при этом число нитей утка до излома принимается кратным раппорту базовой саржи. Принимаем число нитей утка до излома, например,  $n_y = 60$  (рис. 2-б),  $n_y = 78$  (рис. 2-в),  $n_y = 96$  (рис. 2-г) нитей.

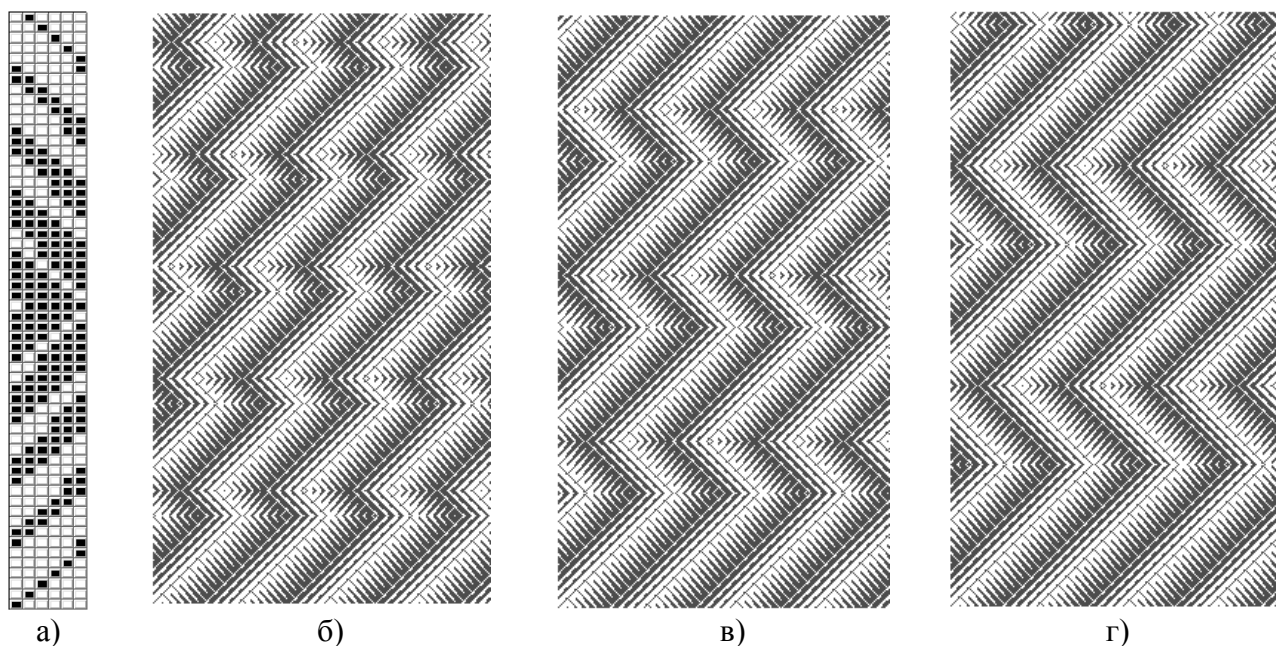


Рис. 2. Примеры зигзагообразных теневого переплетения с восходящей линией зубцов, с числом нитей утка до излома: б)  $n_y = 60$ ; в)  $n_y = 78$ ; г)  $n_y = 96$ ; а) исходное теневого переплетение

В табл. 1 приведены сдвиги вершин  $S_B$ , число нитей утка до излома  $n_y$ , принятые для построения в примерах, представленных на рис. 2, раппорты зубца  $R_3$ , число зубцов  $n_3$  и раппорты переплетений по утку  $R_y$ , рассчитанные по формулам (9), (10) и (11).

Таблица 1

Параметры построения переплетений, представленных на рис. 2 и рис. 4

Обозначение исходных и расчетных параметров	Номера рисунков для примеров, $R_6 = 6$ ; $R_0 = 174$ ; $n_3 = 29$		
	рис. 2-б, 4-б	рис. 2-в, 4-в	рис. 2-г, 4-г
$S_B$ , нитей основы	42	42	42

$n_y$ , нитей утка	60	78	96
$R_z$ , нитей утка	76	112	148
$R_y$ , нитей утка	2204	3248	4292

При построении зигзагообразных теневых переплетений предварительно выстраивают раппорт теневого переплетения с наклонными полосами [3]. Для примеров зигзагообразных теневых переплетений с восходящей линией зубцов раппорт переплетения с наклонными полосами, полученного на базе саржи 1/5, представлен на рис. 3-а.



Рис. 3. Раппорты наклонных теневых переплетений, полученных на базе саржи 1/5: а) с наклоном полос вправо; б) с наклоном полос влево

При построении зигзагообразных теневых переплетений с нисходящей линией зубцов предварительно выстраивают раппорт теневого переплетения с наклонными полосами с наклоном полос влево. Раппорт переплетения с наклонными полосами, полученного на базе саржи 1/5 с наклоном полос влево, представлен на рис. 3-б. Раппорты по основе и по утку представленных на рис. 3 наклонных переплетений, равны  $R_{он} = 174$ ,  $R_{ун} = 58$  нити.

На рис. 4 представлены примеры зигзагообразных теневых переплетений с нисходящей линией зубцов, полученные по условиям примеров переплетений, показанных на рис. 2, с расчетными параметрами построения, представленными в табл. 1.

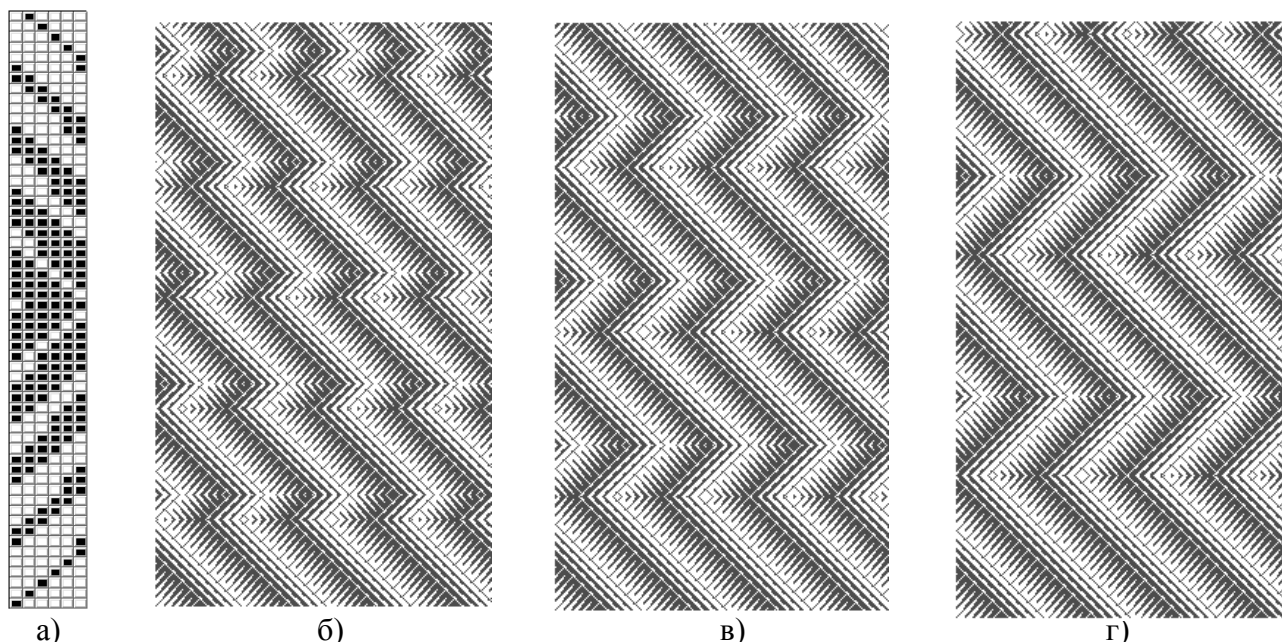


Рис. 4. Примеры зигзагообразных теневых переплетений с нисходящей линией зубцов, с числом нитей утка до излома: б)  $n_y = 60$ ; в)  $n_y = 78$ ; г)  $n_y = 96$ ;  
а) исходное теневое переплетение

На рис. 5 показаны примеры зигзагообразных теневых переплетений с восходящей линией зубцов, с расположением исходного теневого переплетения вдоль утка, раппорт которого показан на рис. 5-а. Исходное теневое переплетение, как и во втором и четвертом примерах, получено на базе саржи 1/5, с усилением отдельных перекрытий в ступенях базового переплетения вдоль основы. На рис. 5-б показано предварительно полученное

теневое переплетение с наклонными полосами, с наклоном полос вправо. Раппорты по основе и по утку наклонного переплетения равны  $R_{он} = 58$ ,  $R_{ун} = 174$  нити. Раппорт по основе зигзагообразного переплетения, найденный по формуле (1), составил 58 нитей. Величина сдвига вершин остается прежней в пределах  $6 \leq |S_B| \leq 168$  нитей основы. Принимаем величину сдвига вершин  $S_B = 42$  нити. Число зубцов, рассчитанное по формуле (10), составило 29.

Минимальные значения числа нитей утка до излома, найденные по формулам (7) и (8), составили 174 и 50 нитей. Принимаем число нитей утка до излома кратным раппорту базовой саржи, например,  $n_y = 174$  (рис. 5-в),  $n_y = 192$  (рис. 5-г),  $n_y = 210$  (рис. 5-д) нитей.

В табл. 2 приведены сдвиги вершин  $S_B$ , число нитей утка до излома  $n_y$ , принятые для построения в примерах, представленных на рис. 5, раппорты зубца  $R_z$ , число зубцов  $n_z$  и раппорты переплетений по утку  $R_y$ , рассчитанные по формулам (9), (10) и (11).

Таблица 2

Параметры построения переплетений, представленных на рис. 5

Обозначение исходных и расчетных параметров	Номера рисунков для примеров, $R_6 = 6$ ; $R_0 = 58$ ; $n_z=29$		
	рис. 5-в	рис. 5-г	рис. 5-д
$S_B$ , нитей основы	42	42	42
$n_y$ , нитей утка	174	192	210
Продолжение таблицы 2			
$R_z$ , нитей утка	304	340	376
$R_y$ , нитей утка	8816	9860	10904

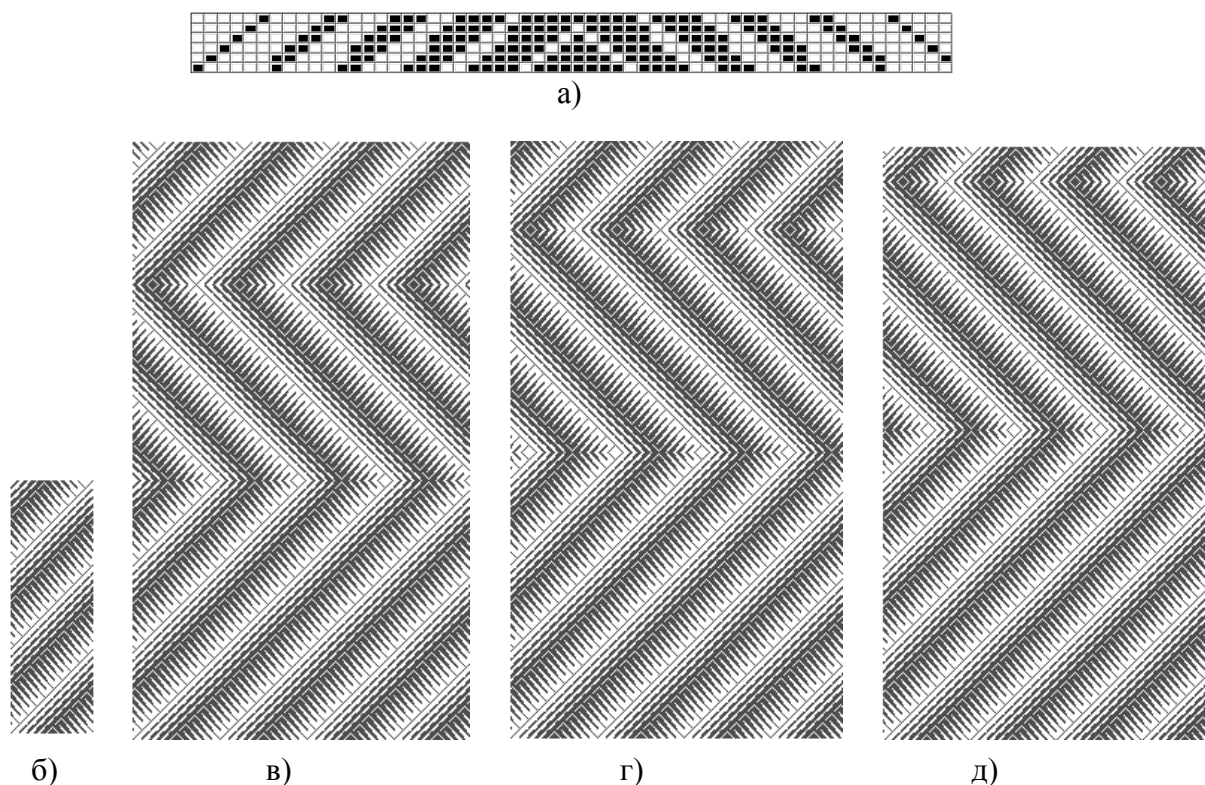


Рис. 5. Примеры зигзагообразных теневых переплетений, построенных на базе саржи 1/5, с числом нитей утка до излома: в)  $n_y = 174$ ; г)  $n_y = 192$ ; д)  $n_y = 210$ ; а) исходное теневое; б) раппорт наклонного переплетения

Из таблиц 1 и 2 видно, что предложенные переплетения имеют большой раппорт по

основе, выработка их возможна только на станках, оснащенных жаккардовой машиной.

Создание новых методов построения переплетений невозможно без использования информационных технологий [4, с. 56-60; 5, с.63-65; 6, с. 65-69]. Разработаны алгоритмы и программное обеспечение для интерактивного автоматизированного построения предложенных комбинированных переплетений. Результаты работы программного комплекса показаны на представленных выше рисунках.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Малецкая, С.В. Автоматизированное формирование схемы теневого перехода / С.В. Малецкая, В.В. Малецкий // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2014. – № 6. – С. 67-70.
2. Толубеева, Г.И. Способ получения тканей поперечных зигзагообразных теневых переплетений // Патент РФ № 2478147. Опубл. 27.03.2013. Бюл. № 9.
3. Толубеева, Г.И. Способ получения тканей наклонных теневых переплетений / Г.И. Толубеева // Патент РФ № 2478742. Опубл. 10.04.2013. Бюл. № 10.
4. Кольцов, С.С. Создание на ткани эффекта объемных полос с помощью шашечных переплетений / С.С. Кольцов, Н.А. Коробов, Г.И. Толубеева // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2014. – № 1 – С. 56-60.
5. Малецкая, С.В. Автоматизированный метод построения мелкоузорчатого переплетения на базе крепа / С.В. Малецкая, О.И. Дружинская // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013. – № 4. – С. 63-65.
6. Малецкая, С.В. Использование трехмерных массивов при автоматизированном построении заправочного рисунка ткани с геометрическими фигурами из разных переплетений / С.В. Малецкая, Е.П. Иващенко // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2014. – № 1. – С. 65-69.

УДК 687.01:687.076

### ФОРМОЗАКРЕПЛЕНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ЛИНИЙ И УЧАСТКОВ ЖЕНСКОГО НАРЯДНОГО ПЛАТЬЯ

#### FORM FIXING OF THE CONSTRUCTIVE LINES AND SITES WOMEN'S-ROW ON DRESSES

О.В. Радченко, Т.С. Политика, Е.И. Манакин.  
O.V. Radchenko, T.S. Politika, E.I. Manakin

Ивановский государственный политехнический университет  
Ivanovo State Polytechnical University  
E-mail: radchenale@yandex.ru, politikatanya@mail.ru, samlewis@ya.ru

Представлена методика и результаты исследований получения формы и ее закрепления. Существующие прокладочные материалы позволяют достичь закрепления сложных объемных форм деталей в изделии. Однако они нарушают пластическую композицию и тектонику внешней формы изделий. Статья является частью исследования кафедры Технологии швейных изделий Ивановского государственного политехнического университета.

Ключевые слова: образование формы; закрепление формы; макет узла швейного изделия; объемно-пространственная форма; женское нарядное платье.

The researches technique and results of a form receiving and its fixing are presented. The existing pro-masonry materials allow to reach fixing of irregular volume shapes of details in a product. However they break plastic composition and tectonics an form external of products. Article is of the Ivanovo state polytechnical university a department of Technology of garments' of a part of a research.

**Keywords: a form formation; a form fixing; garment knot model; volume and spatial form; women's elegant dress.**

Технические новшества последнего десятилетия в области создания новых тканей, особенно касающиеся их состава, существенно изменили не только внешний вид, но и свойства материалов для изготовления женских нарядных платьев. Разнообразие моделей достигается, прежде всего, путем использования современных модифицированных химических нитей и волокон, различных фактур, структур, отделок и художественно-колористических решений.

Для сохранения приданной объемной формы швейному изделию требуется обеспечить необходимую жесткость материалов на участках, подверженных деформирующим воздействиям при изготовлении и эксплуатации. Эту функцию выполняют разнообразные виды формообразующих элементов, к числу которых относятся, в частности, пакеты прокладочных материалов в области требующей создания объемной деформации [1].

Литературные данные подтверждают, что в основном исследования формообразования и формоустойчивости осуществлялись для ассортимента одежды имеющего стабильную форму (пальто, мужской костюм, воротники, манжеты, женские жакеты). Мало изучены процессы формообразования и формоустойчивости сложных форм и силуэтов в конструкциях пакетов нарядной женской одежды [2, с. 340-344]. Интерес представляют исследования [3, с.129-136.] направленные на прогнозирование объема и комфортности систем «фигура-платье» из разных материалов и методика обработки оцифрованных изображений фигур и одежды [4, с. 90-93].

Авторами проведены исследования формообразования и формозакрепления объемно-пространственной формы по участкам женского нарядного платья. В качестве предмета исследований выбрана модель женского платья (рис.1, а) из коллекции В. Юдашкина (2013-2014 г). На изделии выделены зоны (рис. 1, б) с разными уровнями жесткости [5, стр. 130], которые должны быть учтены на этапах конфекционирования и выбора методов обработки. Выполнено конструирование и моделирование, изготовлены опытные образцы (макеты) верхней части платья (узел горловины, узел проймы и рельефных швов) с разным составом пакетов. Рассмотрены варианты сочетаний современных термоклеевых (ТПМ) и неклеевых прокладочных материалов, текстильно-галантерейных изделий для закрепления формы в деталях кроя и формирования «ребра жесткости» по краевому контуру декоративных деталей платья. Для проработки макетов узлов использованы:

- ТПМ на трикотажной основе с ворсом, артикул DIVP 65 «Danelli» (Китай) поверхностной плотности  $M_S = 65 \text{ г/м}^2$ , волокнистый состав - п/э 30%, вискоза 70% (ТПМ\_1);

- ТПМ на тканой основе, артикул 508/4 (ОАО Искож, г. Нефтекамск, Россия),  $M_S = 103 \pm 10 \text{ г/м}^2$ , волокнистый состав хлопок 43% , п/э 57% (ТПМ\_2);

- ТПМ на тканой основе («воротничковая» отбеленная ткань), артикул 515 (ОАО Искож, г. Нефтекамск, Россия),  $M_S = 160 \pm 10 \text{ г/м}^2$ , волокнистый состав - хлопок 100%, клеевое покрытие - полиэтиленовый порошок (ТПМ\_3);

- полушерстяная ткань,  $M_S = 190 \pm 5 \text{ г/м}^2$ , волокнистый состав - шерсть 40%, п/э 60% (ОМ);

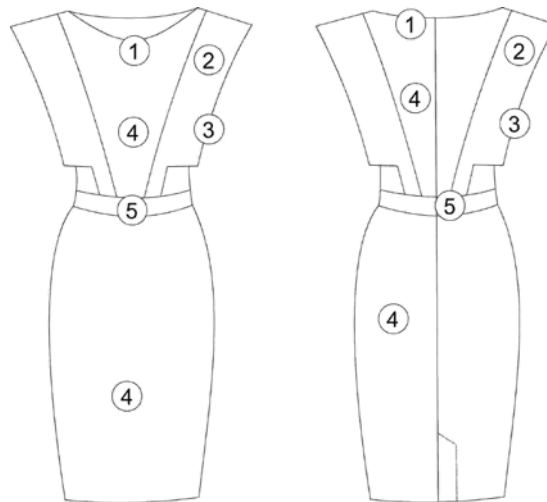
- подкладочная ткань (для декоративных деталей платья),  $M_S = 105 \pm 5 \text{ г/м}^2$ , волокнистый состав - п/э 100% (П);

- бортовая прокладочная ткань,  $M_S = 210 \pm 5 \text{ г/м}^2$ , волокнистый состав - хлопок 27%, вискоза 47%, п/э 11%, волос 11%, шерсть 4% (Б);

- корсетная лента «регилин», артикул RT-07 «Torigioni» шириной 7 мм (Р).



а



б

- 1 - зона умеренной объемной формы, мягко-фиксированная
- 2 - зона большой объемной формы, мягко-фиксированная
- 3 - зона большой объемной формы, каркасная
- 4 - зона малой объемной формы, мягко-пластичная
- 5 - зона малой объемной формы, мягко-фиксированная

Рис.1. Предмет исследований:

а) платье из коллекции В. Юдашкина; б) зоны с разными уровнями жесткости

Для прогнозирования уровня оптимальной жесткости пакета в зонах 2 и 3, обеспечивающей закрепление объемно-пространственной формы декоративных деталей платья проведены комплексные исследования в несколько этапов.

Первый этап - органолептическая оценка макетов узлов со сложной геометрической формой, результатом которой являлось выявление дефектов посадки изделия на манекене (ГОСТ 4103).

Второй этап – количественная оценка формозакрепления. Измерения проведены между антропометрическими и конструктивными уровнями, непосредственно на которых, создана объемно-пространственная форма. На данном этапе осуществлялся импорт фотографических изображений макетов узлов со сложной формой в графический редактор CorelDraw, наложение с помощью инструментов программы абриса исходного манекена на фотографическую модель манекена с надетым на него макетом узла платья. Нанесение информационных точек и линий [6, стр. 48]. Измерение с помощью специальных линеек проекционных зазоров между фигурой и одеждой (рис. 2). Для объективной оценки объемно-пространственной формы измерены углы между декоративными деталями и плечевым поясом манекена (рис. 3).



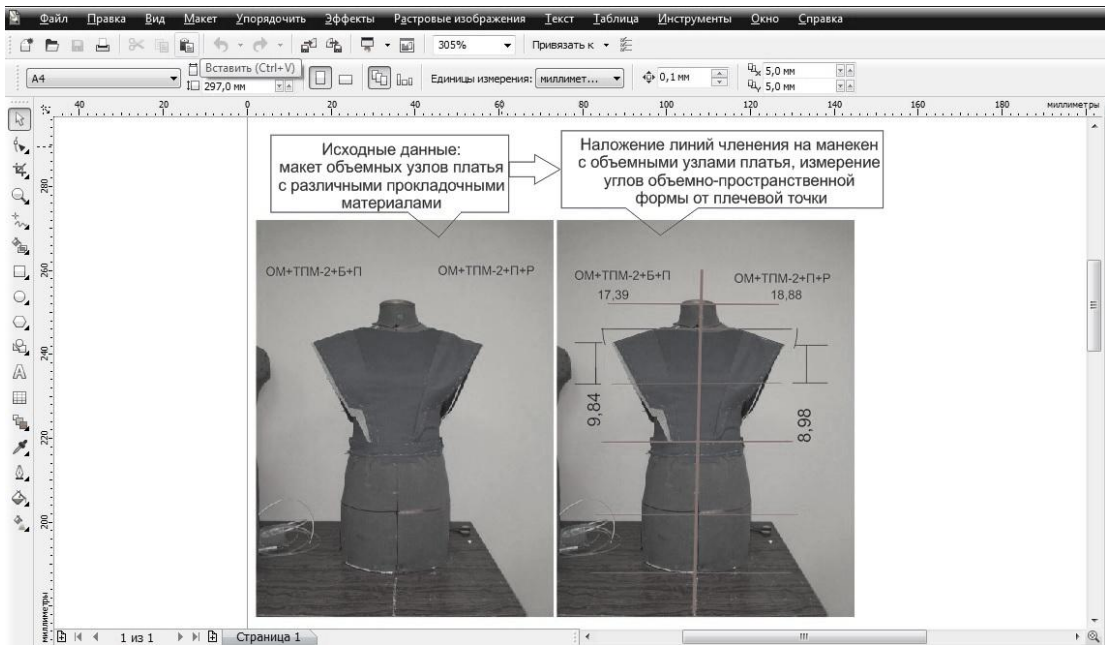


Рис. 2. Интерфейс программы. Последовательность реализации второго этапа методики исследования

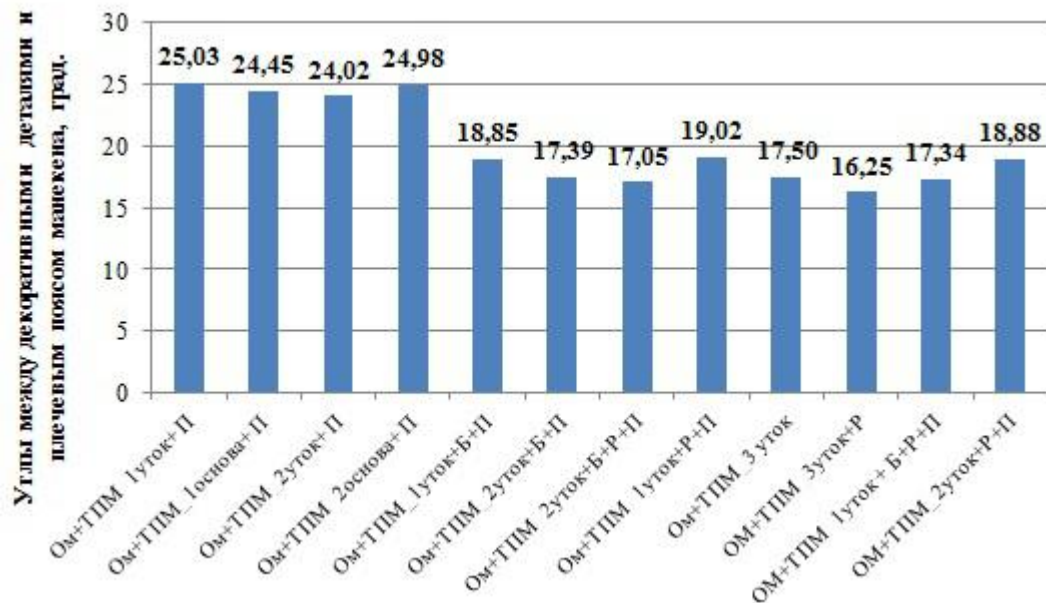


Рис. 3. Величины углов между декоративными деталями и плечевым поясом манекена для разных пакетов материалов

На третьем этапе (рис. 4) выполнено сопоставление фактических угловых измерений макетов узлов с измерениями, полученными при обработке фотоизображений исходной модели квалитетическим методом [2, стр. 340].



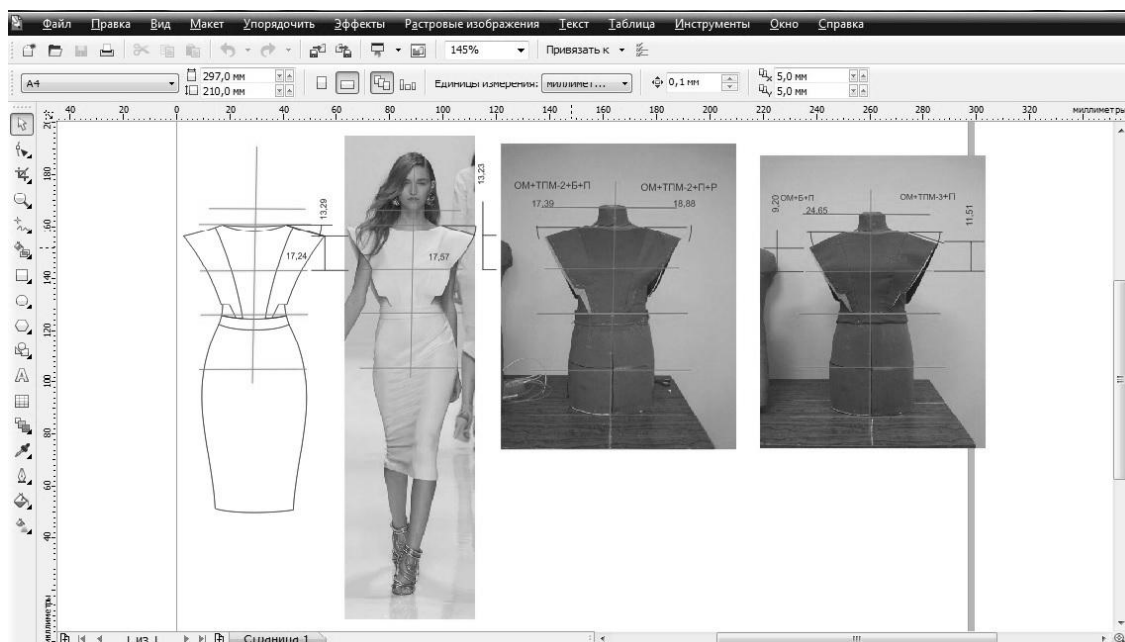


Рис. 4. Измерение и сопоставление углов между декоративными деталями и плечевым поясом манекена (третий этап методики исследования)

Четвертый этап - количественная оценка показателей жесткость и упругость пакетов по стандартным методикам (ГОСТ 10550-93) на приборах гибкомер и МТ-376.

Технологические аспекты использования результатов исследования заключаются в разработке рационального пакета материалов в зависимости от геометрии и размеров объемных деталей, требуемой жесткости и упругости. Установлено в результате анализа, что проектируемая величина углового измерения в конструкции составляет  $17,45 \pm \Delta$  град. В ходе исследования получено, что этой величины можно достичь, если в зонах 2 и 3 состав пакета включает: ОМ+ТПМ\_1(поперечное направление раскроя)+Б+П, дополнительно в зоне 3 в обтачной шов вставлена корсетная лента «регилин». Использование бортовой ткани (Б) позволяет повысить жесткость (14,67 сН) более чем в три раза по сравнению с традиционным пакетом ОМ+ТПМ\_1 (4,49 сН) и увеличить параметр упругости с 68,6 до 78,5%. Однако повышенная жесткость, значительное увеличение массы деталей кроя, потеря пластичности и драпируемости основного материала являются недопустимыми при проектировании нарядного платья.

Из исследований видно, что существующие прокладочные материалы позволяют достичь формозакрепления сложных объемных деталей в изделии, но нарушают при этом пластическую композицию и тектонику её внешней формы. Необходимы новые композиционные прокладочные материалы с введением в структуру волокнистого носителя армирующего полимера [7, стр. 132], что позволит регулировать изменение упруго-деформационных свойств пакета.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Зиновская, Е.В. Разработка технологии проектирования конструкций пакета одежды с заданными свойствами упругости: Дис. канд. тех. наук: 05.19.04.- Москва, 2003.-151с.
2. Политика, Т.С. Исследование формообразования и распределения объемно-пространственной формы по заданным участкам женского нарядного платья: сб. науч. ст. / Т.С. Политика // Поколение будущего: Взгляд молодых ученых. Курск 2016. - Том 3.- С. 340-344.
3. Го Мэна. Прогнозирование объема и комфортности систем "фигура-платье" из разных материалов/ Мэна Го, В.Е. Кузьмичев // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2014. - №1 (349). - С. 129 – 136.

4. Лю Юэ. Методика обработки оцифрованных изображений фигур и одежды / Лю Юэ, В.Е. Кузьмичев, И.В. Жукова, А.В. Гниденко // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. -2007. - № 1. - С. 90 -93.
5. Кокшаров, С.А. Влияние структурных характеристик термоклеевых материалов на жесткость дублированного пакета / С.А. Кокшаров, Н.Л. Корнилова, О.В. Радченко, Е.Н. Никифорова // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2016. – №4. – С. 96-100.
6. Кузьмичев, В.Е. Художественно-конструктивный анализ и проектирование системы «фигура-одежда»: учебное пособие / В.Е. Кузьмичев, Н.И. Ахмедулова, Л.П. Юдина - Иваново: ИГТА, 2010.-300 с.
7. Кокшаров, С.А. Структурная модификация полиэфирного волокна для получения армированных композиционных материалов/ С.А. Кокшаров, Н.Л. Корнилова, О.В. Радченко // Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX). - 2016. - №1. - С. 130-134.

УДК 687.44

**ПОДГОТОВКА АНТРОПОМЕТРИЧЕСКОЙ БАЗЫ ДАННЫХ  
ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ИЗГОТОВЛЕНИЯ КАПЮШОНОВ,  
ЭКРАНИРУЮЩИХ ВОЛОСИСТУЮ И ЛИЦЕВУЮ ЧАСТИ ГОЛОВЫ**

**PREPARATION OF THE ANTHROPOMETRIC DATABASE  
FOR DESIGNING AND MANUFACTURING HANDS  
THAT COUNTER THE HAIR AND FACE PARTS OF THE HEAD**

А.Г. Молькова, И.Ю. Белова  
A.G. Molkova, I.U. Belova

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

Представлены результаты проведённых антропометрических исследований головы человека, методами математической статистики доказана достоверность полученных данных и возможность их применения в процессах проектирования и изготовления защитных капюшонов, экранирующих волосистую и лицевую часть головы.

**Ключевые слова:** человек; антропометрические исследования; головные уборы; капюшоны; конструкция; экранирование; массив данных; достоверность; выборка.

**The results of the anthropometric research of the human head are presented, the reliability of the obtained data and the possibility of their application in the design and manufacture of protective hoods shielding the scalp and facial part of the head are proved by the methods of mathematical statistics.**

**Keywords:** human; anthropometric research; headgear; hoods; construction; screening; data array; reliability; sampling.

Капюшоны, экранирующие волосистую и лицевую часть головы предназначены для автономного обеспечения требуемого уровня индивидуальной защиты человека. И если процесс проектирования головных уборов, покрывающих только волосистую часть головы на сегодняшний день оснащён полноценной информационной базой данных и, в целом, хорошо изучен, то работ по разработке проектных решений в области изготовления изделий экранирующих лицевую часть головы практически нет.

Разработка конструкции капюшона, экранирующего лицевую часть головы – комплексная задача, сложность которой определяется, прежде всего, отсутствием необходимых для построения конструкции антропометрических данных, характеризующих

строение головы и лица человека, несмотря на то, что исследованиями в этой области занимались многие учёные из разных областей науки: антропологи, врачи, криминалисты, социологи, краниологи, психологи и др., а проблема антропометрического соответствия не теряет своей актуальности в разработке изделий разных ассортиментных групп [1]. К основным размерным характеристикам головы, которые сегодня используются при проектировании головных уборов, относятся следующие измерения: обхват головы горизонтальный Огол., высота головы Вол., и ширина (диаметр поперечный) головы  $d_{г.п.}$ . Такая информация не даёт возможности спроектировать головной убор, соответствующий своими параметрами объёмно-пространственной форме головы человека, если речь идёт о проектировании капюшонов, для которых важными являются параметры, которые в той или иной мере характеризуют размерные признаки лицевой части головы. Кроме того, тесная корреляционная взаимосвязь величин значений размерных признаков головы, приведённых в [2], (рис.1), ставит под сомнение их статистическую достоверность, в виду имеющихся данных о градации строения и формы головы человека по геометрическому признаку (прямоугольная, овальная или эллипсоидная, конусообразная или трапецевидная и т.д.) [3], (рис.2). Прямо пропорциональная корреляционная взаимосвязь продольных и поперечных размерных признаков от размера к размеру, например «Высота лица морфологическая» и «Ширина лица скуловая», может иметь место только внутри отдельно взятой формы головы и лица. Для большинства остальных – трапецевидная, треугольная (конусовидная) и других форм головы и лица, также, как и для всего массива значений размерных признаков, установить такую взаимосвязь нельзя.

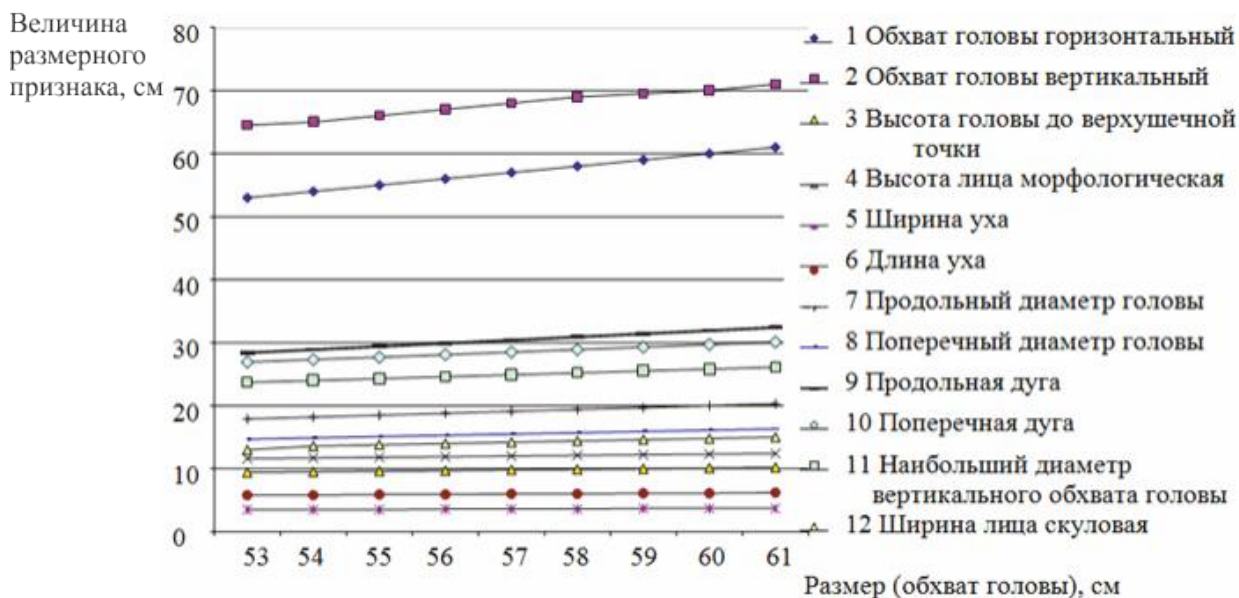


Рис. 1. Динамика изменения основных размерных признаков головы человека от размера к размеру [1]

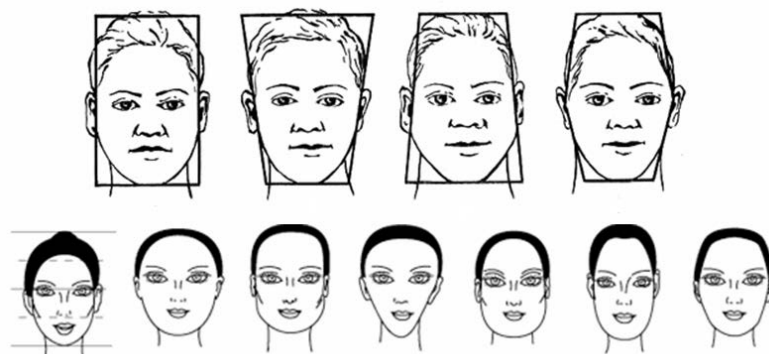


Рис.2. Основные типы контуров (овалов) лица

На основе данных системного анализа результатов исследований анатомии головы и лица человека, охватывающих без малого столетний временной интервал можно сделать вывод о возможности и целесообразности формирования единой информационной базы данных размерных признаков волосистой и лицевой части головы людей одной профессионально возрастной группы.

Проведён анализ и систематизация методов антропометрических исследований головы человека, в соответствии с чем, для решения поставленной задачи в рамках совершенствования информационной базы данных, для проектирования экранирующих лицевую часть головы капюшонов, проведены антропометрические и морфометрические исследования с использованием комбинированного метода, включающего в себя антропометрическое фотографирование (фотосъёмку) и непосредственное контактное измерение с использованием стандартного набора инструментов, прошедших метрический контроль (антропометрическая методика Мартина). Для проведения измерений, фотографирования и дальнейшей обработки результатов были отобраны 140 мужчин в возрасте 22-35 лет – 140 человек [4].

Для оценки достоверности полученного, в ходе проведённого исследования, массива данных размерных признаков (M1) и возможности его применения для разработки размерной типологии проектирования камуфлирующих капюшонов использовался имеющийся в информационной базе антропометрических исследований информационный массив данных размерных признаков головы человека M2, полученный по 107 регионам России с общей выборкой 7830 мужчин в возрасте 18-60 лет в том числе 5500 – в возрасте 25-49 лет [5]. На основе проведённого сравнения двух баз данных по содержанию имеющихся в них таблиц исследованных размерных признаков выбраны пять наиболее сопоставимых по физиологическим характеристикам, сравнительные статистические характеристики, которые представлены в таблице 1.

Таблица 1

Сравнительные данные статистических характеристик размерных признаков головы человека двух массивов данных M1 и M2

Размерный признак / Статистические характеристики	Mean (среднее значение), см		Median (медиана)		Mode (мода)		Min (минимум), см		Max (максимум), см		Std. Deviation (станд. отклонение)		Variance (дисперсия)	
	M1	M2	M1	M2	M1	M2	M1	M2	M1	M2	M1	M2	M1	M2
Массивы данных	M1	M2	M1	M2	M1	M2	M1	M2	M1	M2	M1	M2	M1	M2

Продолжение таблицы 1

Морфологическая высота лица	12,1	12,61	12,1	12,62	12,2	12,64	12,15	12,15	14,6	13,74	0,7	0,56	1,5	0,32
Скуловой диаметр	12,7	14,1	12,9	14,08	12,1	13,98	8,6	13,98	15,6	14,09	1,5	0,05	2,2	0,02
Ширина рта	4,9	5,38	4,9	5,17	4,8	5,32	3,5	5,32	5,9	5,44	0,6	0,06	0,4	0,03
Ширина носа	3,3	3,54	3,4	3,55	2,7	3,57	2,4	3,49	4,3	3,57	0,4	0,03	0,3	0,01
Толщина губ	1,5	1,62	1,5	1,63	1,2	1,61	1,1	1,33	1,9	1,80	0,2	0,09	0,1	0,09

Проведена проверка статистической гипотезы о принадлежности обеих выборок одной генеральной совокупности или о равенстве генеральных средних. Для проверки гипотезы: «Средние двух выборок относятся к одной и той же совокупности» чаще всего используется Критерий Стьюдента (t), который позволяет оценить вероятность того, что оба средних относятся к одной и той же совокупности. Результаты представлены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты оценки достоверности проведённых антропометрических исследований

Название размерного признака	Значение t эмп.	t кр.		Результат (зона значимости/ не значимости)
		p≤0.05	p≤0.01	
Высота носа	0,8	1,96	2,58	Зона не значимости
Ширина носа	0,7	1,97	2,61	Зона не значимости
Морфологическая высота лица	1	1,97	2,61	Зона не значимости
Ширина рта	1,2	1,97	2,61	Зона не значимости
Поперечный диаметр головы	1,9	1,97	2,61	Зона не значимости

Данные таблицы 2 подтверждают, что по каждому из пяти, отобранных для сравнения, массивов данных измерений размерных признаков расчётное значение критерия Стьюдента попадает в зону незначимости, что говорит о сопоставимости полученных результатов их соответствии имеющейся европейской базе данных и возможности применения всего массива полученных в процессе проведения антропометрических исследований данных для проектирования защитных капюшонов, экранирующих волосистую и лицевую часть головы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Денисова, О.И. О проблеме антропометрического соответствия одежды для детей школьного возраста / О.И. Денисова // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2015. № 5. С. 128-132
2. ГОСТ 17521-72 «Типовые фигуры мужчин. Размерные признаки для проектирования.
3. Куприянов В.В. Лицо человека: анатомия, мимика. / В.В. Куприянов, Г.В. Стовичек. – М.: Медицина, 1988. – 271 с.

4. Белова, И.Ю. Формирование антропометрической базы данных для проектирования камуфлирующих капюшонов / И.Ю. Белова, Т.С. Бубнова, В.В. Веселов // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности. 2011. Т. 14. № 4. С. 80-85.
5. Труды Института этнографии АН СССР, новая серия, том 88, 1965 г.

УДК 667.027.56: 667.526.3

**ПРЕИМУЩЕСТВА И ПРОБЛЕМЫ РЕАЛИЗАЦИИ  
ТЕХНОЛОГИИ ПРЯМОЙ СТРУЙНОЙ ПЕЧАТИ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**ADVANTAGES AND PROBLEMS OF REALIZATION OF TECHNOLOGY OF DIRECT  
JET METHOD OF THE PRINTING OF TEXTILE MATERIALS**

Н.А. Тихомирова, А.В. Захарова, А.М. Киселев  
N.A. Tichomirova, A.V. Zacharova, A.M. Kiselev

Санкт-Петербургский государственный университет  
промышленных технологий и дизайна  
Saint-Petersburg State University of industrial technologies and design  
E-mail: tixomirova@bk.ru, anaszavchar@gmail.com, color\_textiles@mail.ru

Рассмотрены особенности "chromojet" и "inkjet" технологий печати текстильных материалов различной структуры. Предложена технология получения составов, содержащих кислотные красители, с оптимальными свойствами для реализации печатного процесса с использованием текстильных плоттеров. Показаны пути прогнозирования качества печати рисунков с учетом свойств монокомпозиций, волокнистого материала и условий его предпечатной подготовки.

**Ключевые слова:** струйная печать; кислотный краситель; текстильный материал; интенсификация; загуститель; качество рисунка.

The features of "the chromojet" and "the inkjet" technologies of printing on textile materials with various structure are considered. The technology of receiving the structures containing acid dyes with optimum properties for realization of printing process with use of textile plotters is offered. Ways of quality of printing with drawings forecasting taking in account properties of monocomposition, fibrous material and conditions of his preprinting preparation are shown.

**Keywords:** inkjet printing; acid dye; textile material; intensification; thickener; quality of the drawing.

К современным цифровым технологиям в области отделке текстильных материалов относится прямая струйная печать, реализуемая на текстильных плоттерах, которая обладает рядом преимуществ перед традиционными способами узорчатый расцветки и предполагает специальную организацию технологии колорирования текстильных изделий. К особенностям данной технологии следует отнести: оперативность воспроизведения различных видов рисунков и их колористических решений; возможность создания на текстиле масштабных безрапортных монокомпозиций, наряду с традиционными текстильными орнаментами, включающими тончайшие графические элементы; возможность нанесения на полотно деталей кроя с оригинальными узорами, имитацию техники ручной росписи для создания оригинальных моделей одежды [1,2].

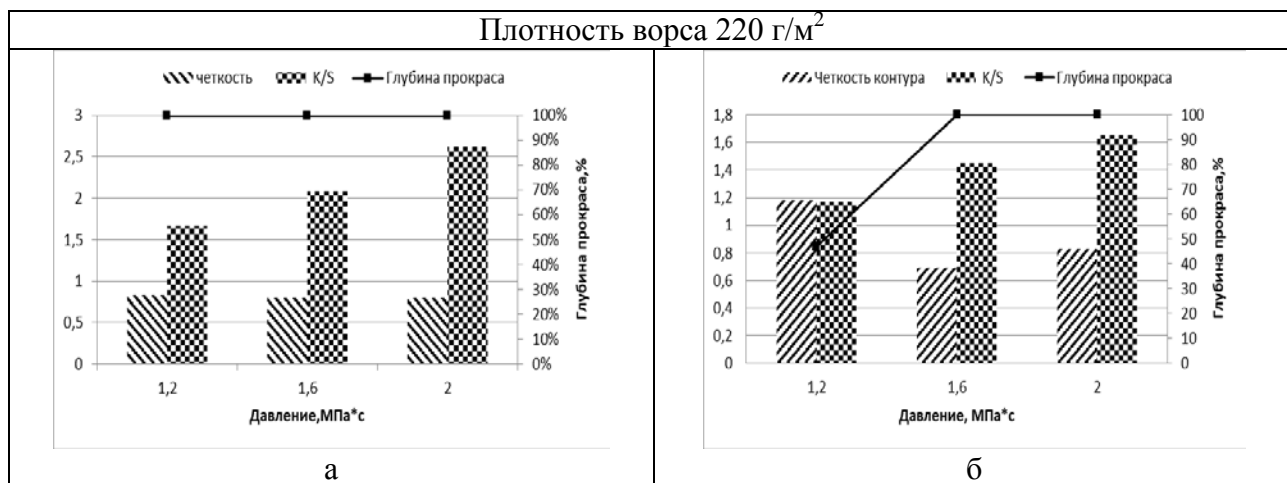
К технологическим преимуществам, рассматриваемой технологии относится также: отсутствие промежуточных носителей рисунков (шаблонов и др), необходимости их обеспечения для его изготовления и хранения; минимизированный расход красителей и текстильно-вспомогательных веществ, позволяющий снизить экологическую нагрузку на окружающую среду; полностью компьютеризированное управление печатным процессом с использованием высокотехнологичного оборудования, что в целом, способствует повышению уровня культуры производства.

Первый опыт применения прямой струйной связан с печатанием ковровых изделий вследствие пониженных требований к разрешающей способности и скорости печатного процесса. В конце 20 века фирма Zimmer представила электромеханические клапанные (DOD) принтеры Chromojet для печати ковров со скоростью печати 5-20 м/мин (12-20 точек на дюйм). Дальнейшее совершенствование принтеров, с доведением разрешающей способности до 100 точек на дюйм, позволило осуществлять печать по широкому ассортименту текстильных изделий.

В настоящее время процесс прямой струйной печати включает две технологические разновидности: «chromojet» и «inkjet». В первом случае для печати используют низковязкие составы, содержащие загуститель, краситель и текстильно-вспомогательные вещества, количество цветов не превышает 10, что соответствует традиционным способам печати [1]. При реализации технологии «inkjet» применяются высококонцентрированные растворы красителей, текстильно-вспомогательные вещества, как правило, наносятся на текстильный материал перед процессом печати (стадия предобработки). В данном случае окраска формируется непосредственно на волокнистом субстрате и количество получаемых цветов практически неограниченно, что позволяет воспроизводить рисунки с фотографической точностью и тончайшими цветовыми переходами [3,4].

Важнейшим требованием для всей технологии прямой струйной печати является обеспечение необходимой степени дисперсности частиц и стабильности печатных составов, поэтому данным вопросам в исследовательской работе было уделено основное внимание.

С целью оценки возможности прогнозирования качества узорчатой расцветки тафтингового ворсового коврового полотна по показателям четкости контуров рисунка, интенсивности окраски и глубине прокрашивания ворса при реализации технологии «Chromojet», в качестве влияющих факторов рассматривались значение динамической вязкости печатной краски (при градиенте скорости сдвига (D)  $145,8 \text{ c}^{-1}$ ) и давление в системе подачи краски в форсунки. Результаты проведенного исследования представлены на рис. 1 (для коврового полотна с плотностью ворса  $220 \text{ г/м}^2$ ). Установленные взаимосвязи позволили определить условия, при которых на ковровом покрытии различной плотности 220, 250 и  $305 \text{ г/м}^2$  обеспечивается необходимое качество рисунка.



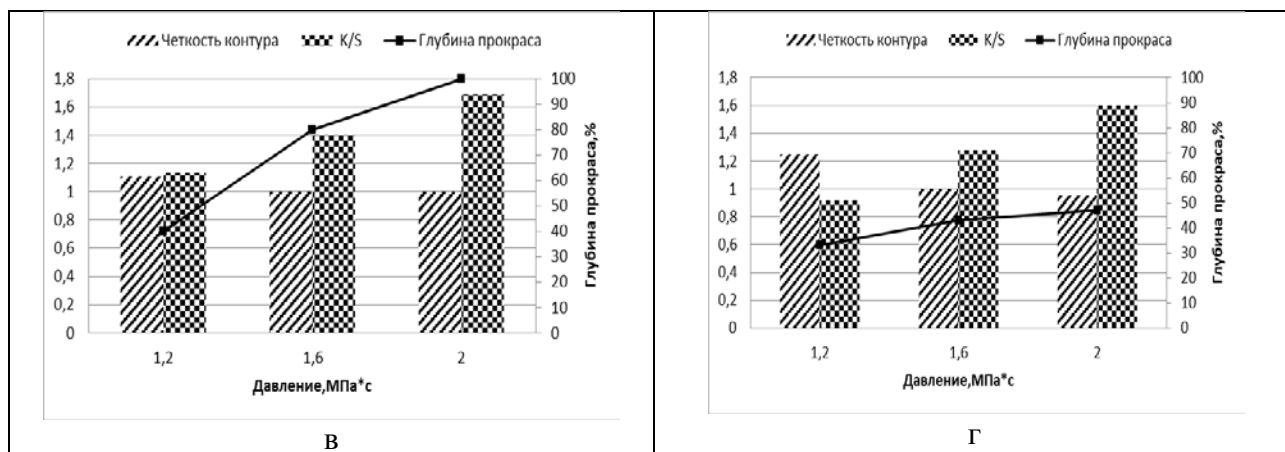


Рис.1 Влияние давления в системе подачи и динамической вязкости печатной краски на качественные показатели печати тафтингового коврового полотна:  
 вязкость при градиенте скорости сдвига  $145,8 \text{ c}^{-1}$  а –  $240 \text{ мПа}\cdot\text{с}$ , б –  $270 \text{ мПа}\cdot\text{с}$ ,  
 в –  $315 \text{ мПа}\cdot\text{с}$ , г –  $390 \text{ мПа}\cdot\text{с}$

При проведении процесса печатания следует иметь в виду, что присутствие в краске на основе акриловых загустителей кислотных агентов (электралитов) значительно снижает ее вязкость. Экспериментально выявлен аналогичный характер влияния и кислотных красителей.

Так, при введении в печатную композицию кислотного красителя в концентрации  $0,5 \text{ г/л}$ , ее вязкость (при  $D=145,8 \text{ c}^{-1}$ ) снижается в 2,5 раза (рис. 2).

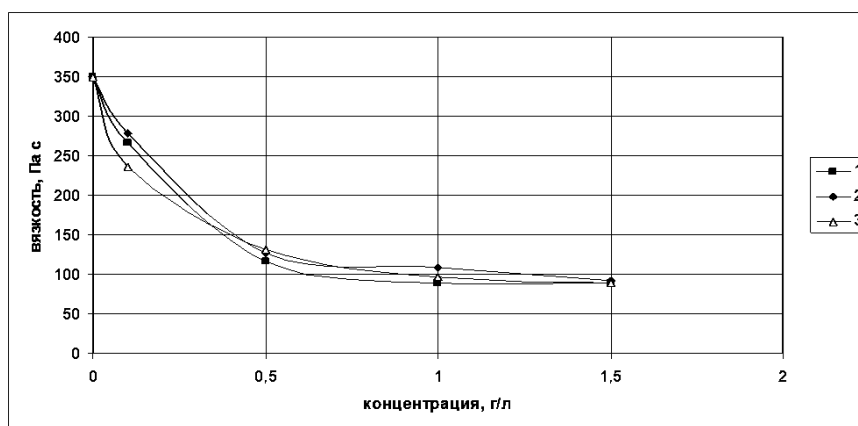


Рис. 2 Влияние концентрации кислотных красителей на динамическую вязкость печатной композиции  
 1 – кислотный синий 2К; 2 – кислотный ярко-синий антрахиноновый;  
 3 – кислотный красный КМ

Специально проведенные вискозиметрические измерения («Реотест -2») показали (рис. 3), что наблюдаемое падение вязкости может быть скомпенсировано путем увеличения концентрации акрилового загустителя «Tanaprint ST160» в 1,7 раза, а также повышением значений рН среды, обеспечивая активизацию процесса ионизации карбоксильных групп акрилового сополимера с усилением его набухания и повышения вязкости печатной краски. Однако повышение значений рН снижает степень фиксации кислотных красителей на волокне по ионному механизму.



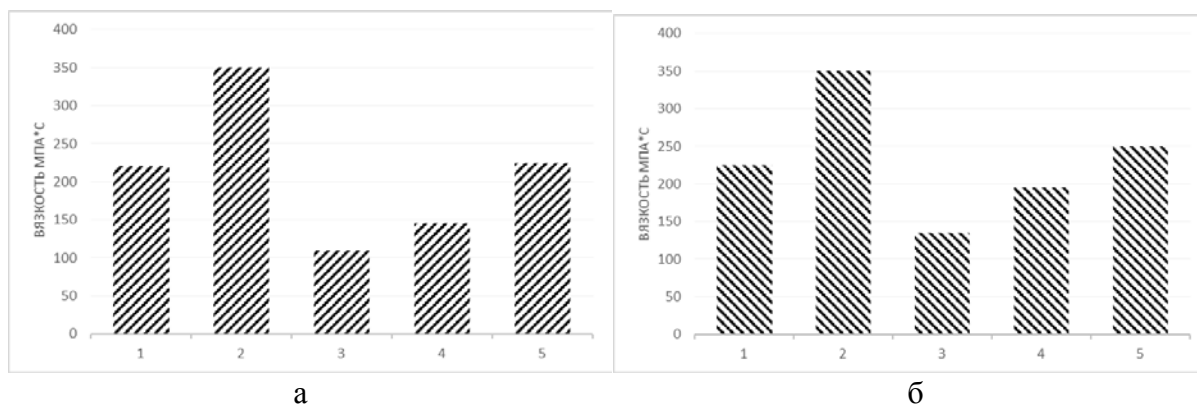


Рисунок 3. Оценка влияние концентрации акрилового загустителя ( Tanaprint ST 160) на вязкость печатной композиции в присутствии кислотных красителей ( 1,5 г/л)

- а) кислотный синий 2К; б) кислотный ярко – синий антрахиноновый
- 1– стандартная вязкость печатной краски
  - 2 – концентрация Tanaprint ST 160 – 500 г/л без красителя;
  - 3 – концентрация Tanaprint ST 160 – 700 г/л;
  - 4 – концентрация Tanaprint ST 160 – 850 г/л;
  - 5 – концентрация Tanaprint ST 160 – 850 г/л + 40г/л NH4OH (25% р-ра)

Для решения указанной проблемы предпринята замена акрилового загустителя на продукты на основе эфиров целлюлозы (карбоксиметилцеллюлоза – КМЦ и гидроксиэтилцеллюлоза – ГЭЦ) в форме однородного тонкодисперсного порошка с размером частиц  $0,4-0,6 \cdot 10^{-3}$  м, обладающие повышенной устойчивостью к электролитам. Это позволило вводить в печатную краску потенциально-кислый агент  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , способствующий повышению степени ионной фиксации кислотных красителей и интенсивности окраски.

Одной из проблем применения загусток на основе водорастворимых высокомолекулярных соединений и, в частности, эфиров целлюлозы, является трудность получения в обычных условиях приготовления гомогенных высокодисперсных систем, необходимых при реализации процесса прямой струйной печати. В связи с этим, апробированы механико-гидравлические воздействия (гидроудар, ультразвук, перемешивание) при приготовлении композиций на основе КМЦ и установлено, что оптимальный результат достигается при совмещении ультразвуковой обработки с механическим перемешиванием коллоидной системы [5]. При этом, с учетом продолжительности указанного воздействия оценивались размер и однородность частиц и устойчивость свойств загусток в условиях хранения с использованием оптического микроскопа Microcolor 2000 250В-LAB [6]. Полученные экспериментальные данные представлены в таблице 1.

Таблица 1

Сравнительные данные по распределению частиц по размерам в загустках на основе ГЭЦ , КМЦ и Tanaprint ST 160

Размер частиц, мкм	Загуститель		
	Tanaprint ST 160	ГЭЦ	КМЦ
до 10	87%	98%	100%
до 20	13%	2%	-

Таким образом, доказана целесообразность использования загустителей на основе эфиров целлюлозы (КМЦ, ГЭЦ) в процессе прямой струйной печати «Chromojet» тафтинговых ковровых покрытий с полиамидным ворсом кислотными красителями. К достоинствам указанных загустителей надо отнести: их получение из возобновляемого

сырья, относительно высокая загущающая способность, возможность диспергирования физическими методами, стабильность свойств в процессе хранения. Разработанная технология «ChromoJet» апробирована в производственных условиях на ООО «Нева-Тафт» с положительными результатами при достижении высокого качества узорчатой расцветки ковровых покрытий.

Из проблем «inkjet»-технологии необходимо выделить сложность получения высококонцентрированных растворов красителей с оптимальным размером частиц и обеспечение максимальной фиксации минимизированного количества красителя на текстильном волокнистом материале. Традиционно в практике колорирования с целью снижения агрегации красителей используют коллоидные поверхностно-активные вещества (ПАВ). Вместе с тем, их влияние на реализуемый процесс может быть неоднозначным. Установлено, что применение, например, Ивалона ХП, который характеризуется хорошими показателями смачивающей способности, оптимальным значением поверхностного натяжения и умеренным пенообразованием [3,9], приводит к увеличению размера частиц, который превышает 1 мкм (рис. 4). Закономерное увеличение размера частиц не зависит от концентрации красителей, а определяется свойствами ПАВ. И, прежде всего, их способностью к образованию мицелл, размер которых может превышать 100 нм.

Ранее проведёнными исследованиями показано, что эффективное использование красителей и стабильная работа печатающей головки принтера обеспечиваются в том случае, если размер частиц в растворе красителя не превышает  $0,5 \cdot 10^{-6}$  м [7]. Колориметрический анализ водных растворов кислотных красителей (1г/л) показал отсутствие в них частиц с размером более  $0,45 \cdot 10^{-6}$  м [10]. Дальнейшими исследованиями установлено, что с повышением концентрации кислотных красителей до 50 г/л около 20% частиц имеют размер более  $0,45 \cdot 10^{-6}$  м (для кислотного ярко-синего антрахинонового – 30 %). При этом значительно возрастает вязкость растворов, вследствие межмолекулярного взаимодействия, приводящего к образованию коллоидных структур. Переход от истинных к коллоидным растворам обуславливает проявление качественно новых свойств, связанных с поверхностными явлениями в области коллоидной дисперсности ( $100 - 1 \cdot 10^{-6}$  м) [8].

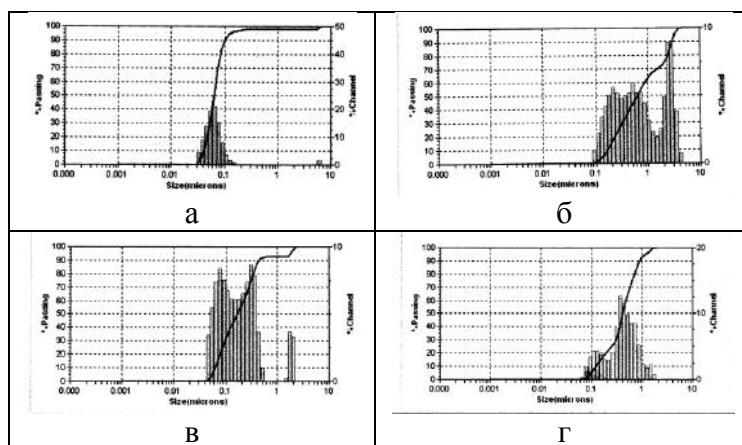


Рис. 4 Изменение размера частиц в водном растворе красителя кислотного синего антрахинонового 2К в присутствии ПАВ (Ивалон ХП)  
 а – краситель 0,02 г/л, б – краситель 0,02 г/л + ПАВ, 1 г/л, в – краситель 10 г/л,  
 г – краситель 10 г/л + ПАВ, 2 г/л.

С учетом того, что выпускные формы красителей содержат поверхностно-активные вещества и значения поверхностного натяжения их водных растворов находятся в пределах 30 мН/м, было проведено ультразвуковое диспергирование растворов кислотных красителей, которое не дало значительного эффекта. Более стабильный и заметный результат был достигнут при введении в растворы триэтаноламина с одновременной ультразвуковой обработкой [10].

Фиксация кислотных красителей обеспечивается наличием стадии предобработки текстильного материала, которая представляет собой пропитку волокнистого субстрата композицией включающей загуститель и текстильно-вспомогательные вещества. Такое построение технологического процесса наиболее актуально для тканей из натурального шелка. При проведении исследований эффективность предобработки оценивалась по интенсивности окраски после запаривания и промывки напечатанной ткани.

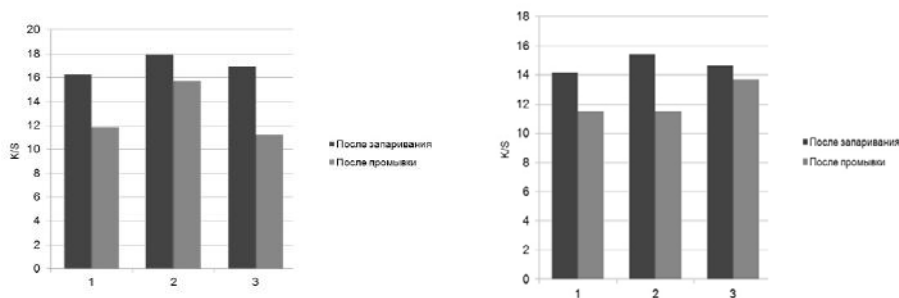


Рисунок 5. Оценка влияния состава аппарата для предподготовки шелковой ткани на интенсивность полученной окраски:

состав аппарата, г/л: 1 –  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  ; 2 –  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  + Na -КМЦ-3,5 г/л;  
3 –  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  + Na-КМЦ-3,5 г/л + карбамид-50 г/л.

В результате проведенных исследований даны рекомендации по осуществлению технологических процессов прямой струйной печати полиамидных тафтинговых ковров и шелковых тканей кислотными красителями с обеспечением высокого качества их художественно-колористического оформления.

#### Выводы

1. Осуществлен анализ преимуществ и проблем реализации технологии прямой струйной печати для художественно-колористического оформления текстильных материалов.
2. Выявлены и оптимизированы факторы (вязкость составов, давление в печатающей головке, размер частиц в композиции и др.) влияющие на результаты узорчатой расцветки полиамидных тафтинговых ковров по технологии «Chromojet» кислотными красителями. Рекомендовано применение загустителей на основе эфиров целлюлозы и ультразвуковое диспергирование для приготовления загусток для реализации указанного процесса.
3. Показано, что эффективное использование технологии прямой струйной печати «Inkjet» для расцветки шелковых тканей кислотными красителями обеспечивается при проведении операции предподготовки текстильного материала и достижения необходимой степени дисперсности и стабильности высококонцентрированных растворов красителей, что достигается введением в них триэтаноламина с одновременной ультразвуковой обработкой.
4. Производственные испытания на пилотной печатной линии «Chromojet» подтвердили возможность достижения высокого качества узорчатой расцветки тафтингового коврового полотна с полиамидным ворсом.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Андреев. Т.М. Производство напольных ковровых покрытий // Материалы научно-методической конференции к 170-летию кафедры химической технологии и дизайна текстиля. – 2004, С. 28–31.
2. Ковш И.С. Inkjet – революционное направление в текстильной печати // Легпробизнес; Директор. – 2003, №3, С. 44-45.
3. Коновалова М. В. О применении активных красителей в цифровой печати по текстильным материалам из шелка / М. В. Коновалова, А.Е. Алиева // Научный альманах: специальный выпуск журнала «Текстильная промышленность».№ 7-8 – 2005, С.67-69.
4. Гранатович Н. Н. Разработка технологии эффективной подготовки текстильных материалов под цифровую печать активными красителями с применением катионных

- препаратов / Н. Н. Гранатович, М. К. Тараканов, Г. Е. Кричевски // Научный альманах: специальный выпуск журнала «Текстильная промышленность» №7. – 2006, С.30-35.
5. Гребенкин А.Н. Изучения влияния условий диспергирования на свойства коллоидной системы на основе карбоксиметилцеллюлозы/ А.Н Гребенкин, Н.А. Тихомирова, А.В. Захарова // Вестник СПбГУТД. Серия 1. Естеств. и технич. науки. №1, 2015- С.24 -26.
6. Абрамзон А. А. Поверхностно-активные вещества / А. А. Абрамзон, Л. П. Зайченко, С. И. Файнгольд. – Ленинград «Химия» Ленинградское отделение. 1988. – 200 с.
7. Тихомирова Н. А. Дисперсность красителя как критерий эффективности процессов колорирования текстильных материалов / Н. А.Тихомирова, В. А. Попова // Дизайн.Материалы.Технология. – 2012. – №5. – С.93-96.
8. Кузнецов В. В. Физическая и коллоидная химия / В. В. Кузнецов, В. Ф. Усть- Качкинцев – М.: Высшая школа, 1976. – 277 с.
9. Кураев А. Ю. Свойства растворов красителей для струйной печати текстильных материалов /А. Ю. Кураев, А. М. Киселев, Н. А. Тихомирова, Л. П. Зайченко// Изв.ВУЗов.Технология текстильной промышленности. – 2009. – №6. – С.66-68.
10. Тихомирова Н.А. Получение концентрированных растворов кислотных красителей с оптимальным размером частиц для inkjet-печати текстильных изделий / Н. А. Тихомирова, К. А. Богданова // Вестник СПбГУТД. Серия 1. Естеств. и технич. науки. №4, 2016 – С.41-43.

УДК 677.074.1

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТРУКТУР ЗАЩИТНЫХ ТКАНЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ КОМБИНИРОВАННЫХ ОГНЕ- И ТЕРМОСТОЙКИХ НИТЕЙ**

### **DEVELOPMENT OF STRUCTURES PROTECTIVE FABRICS WITH THE USE OF COMBINED FIRE- AND HEAT-RESISTANT THREADS**

П.Е. Сафонов<sup>1</sup>, Н.М. Левакова<sup>1</sup>, С.С. Юхин<sup>2</sup>  
P. E. Safonov<sup>1</sup>, N. M. Levakova<sup>1</sup>, S. S. Yukhin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ООО «ТЕКС-ЦЕНТР» (Москва)

<sup>2</sup>Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина  
(Технологии. Дизайн. Искусство), (Москва)

<sup>1</sup>TEKS-CENTRE Ltd, (Moscow)

<sup>2</sup>Russian State University “A.N. Kosygin” (Technology. Design. Art), (Moscow)

E-mail: info@teks-centre.ru, sergeyyukhin@yandex.ru

Представлены результаты разработки защитных тканей с использованием комбинированных огне- и термостойких нитей. В результате проведенных исследований определены преимущества и недостатки тканей, выработанных из скрученных или обкрученных нитей. Предложено изготавливать ткани для защитной спецодежды из скрученных нитей, при этом обкрученные нити могут вводиться в ткань в ограниченном количестве для создания армирующего каркаса.

Ключевые слова: комбинированные огне- и термостойкие нити; технологичность нитей; структура ткани.

The results of development of protective fabrics using the combined fire- and heat-resistant threads. The result of these studies identified the advantages and disadvantages of fabrics made from twisted or wrapped threads. The proposed produce fabrics for protective workwear from twisted threads, with wrapped threads can be introduced into the fabric in a limited quantity for the creation of a reinforcing frame.

Keywords: combined fire- and heat-resistant threads; weavability threads; fabric structure.

Исследование посвящено особенностям технологии изготовления и свойствам комбинированных огне- и термостойких нитей, которые могут быть использованы для выработки тканей верха специальной защитной одежды пожарных, спасателей и военнослужащих.

Для создания комбинированных огне- и термостойких нитей с высокой прочностью, технологичностью в ткачестве, хорошей крашиваемостью и устойчивостью окраски к сухому, мокрому трению и свету в данном исследовании предлагается использовать два компонента [1-3]:

1) высокопрочную комплексную синтетическую нить, обладающую высокой огнестойкостью и термостойкостью (например, пара-арамидные нити семейства Руслан);

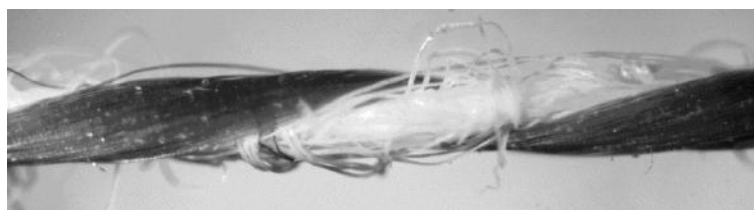
2) пряжу из синтетических волокон, обладающую приемлемой огнестойкостью (например, пряжи из полиоксидазольных, мета-арамидных или модифицированных полиакрилонитрильных волокон).

Компоненты комбинированной нити предлагается скручивать между собой на тростильно-крутильных машинах или обкручивать (оплетать) трудноокрашиваемую комплексную арамидную нить пряжей на оплеточной машине, что должно обеспечить нити внешний вид, пригодный для изготовления ткани, которая подвергается в дальнейшем крашению, печати и водоотталкивающей отделке.

Из работ [4, 5] известно о попытках изготовления комбинированных огнетермостойких нитей на базе нитей Русар и пряжи Арселон. Однако полученные структуры нитей не позволяют спроектировать ткань с комплексом заданных эксплуатационных свойств, в частности из-за низкой устойчивости окраски тканей из данных нитей к световому воздействию.

В настоящем исследовании предлагается сравнить между собой комбинированные скрученные и обкрученные нити, и оценить то, как влияет структура нити на ее технологичность в ткачестве и эксплуатационные свойства ткани. На рис. 1 представлены фотографии разработанных огне- и термостойких комбинированных нитей на основе пара-арамидной нити Руслан и пряжи из полиакрилонитрильных волокон Протекс.

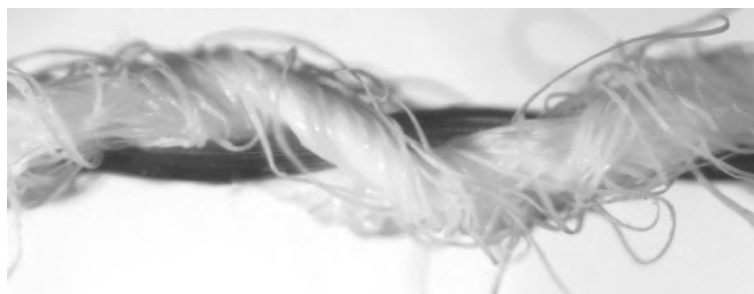
Установлено, что, технология обкручивания позволяет наиболее эффективно «закрыть» пряжей трудноокрашиваемую арамидную нить. Однако, в обкрученных нитях именно пряжа, обладающая заведомо меньшей прочностью и устойчивостью к истиранию, выступает на опорную поверхность, тогда, как в скрученных нитях оба компонента в равной степени формируют опорную поверхность. В связи с этим обстоятельством целесообразно исследовать устойчивость к истиранию скрученных и обкрученных нитей в условиях, имитирующих истирание на ткацком станке.



а)



б)



в)

Рис. 1. Внешний вид комбинированных огне- и термостойких нитей, изготовленных на базе нити Руслан и пряжи Протекс: а) скрученная нить; б) нить, обкрученная в одном направлении; в) нить, обкрученная в двух направлениях

Для оценки устойчивости к истиранию в условиях ткачества воспользуемся специально разработанной методикой испытаний [6, с. 398], суть которой заключается в том, что нити подвергаются циклической истирающей нагрузке о глазки галев различного типа на модифицированном приборе ИПП.

Установлено, что в зависимости от структуры комбинированной нити и вида используемых галев наблюдаются различные механизмы разрушения. При истирании скрученной нити о проволочные галева с впаянным глазком компоненты комбинированной нити обрываются одновременно, а при истирании о стальные пластинчатые галева первой всегда обрывается пряжа. При истирании нитей, обкрученных пряжей в одном или двух направлениях, обо все типы глазков галев, первой всегда разрушается пряжа-оплетка. Это обстоятельство можно считать серьезным недостатком обкрученных нитей.

На рис. 2 представлена фотография, которая демонстрирует разрушение пряжи Протекс при истирании комбинированной нити о различные типы глазков галев. Таким образом, можно сделать вывод о том, что обкрученные нити, несмотря на потенциально лучшую крашиваемость, будут плохо перерабатываться в ткачестве. При этом участки с оборвавшейся пряжей-оплеткой обязательно следует вывязывать для того чтобы в ткань не зарабывались оголенные участки трудноокрашиваемых арамидных нитей.

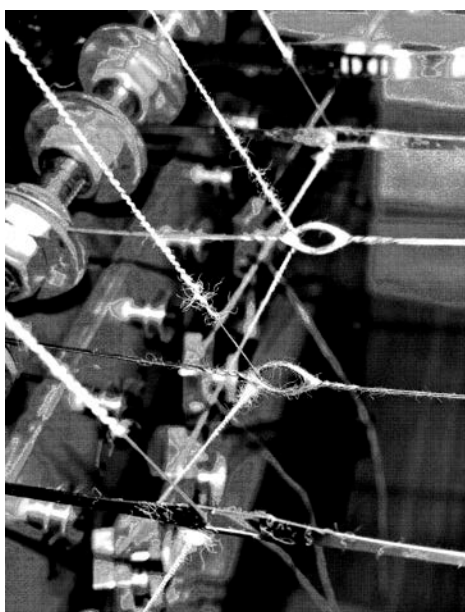


Рис. 2. Обрывы пряжи-оплетки при истирании комбинированных нитей о глазки галев

Еще одним недостатком обкрученных нитей является их высокая жесткость при изгибе в сравнении со скрученными нитями. Для определения изгибной жесткости нитей различных структур воспользуемся подходом, изложенным в работе проф. В.П. Щербакова

[7, с. 49-63]. Данный способ определения жесткости при изгибе основан на положениях геометрически нелинейной теории изгиба упругой нити при больших перемещениях в условиях нагружения нити-консоли сосредоточенной и распределенной нагрузкой.

Установлено, что пряжа Протекс 30 текс имеет жесткость  $0,3 \text{ сН} \cdot \text{мм}^2$ , что на порядок меньше, чем арамидная нить Руслан 29,4 текс –  $2,8 \text{ сН} \cdot \text{мм}^2$ . При скручивании пряжи и комплексной нити их жесткости суммируются. У комбинированных обкрученных нитей жесткость при изгибе гораздо выше, чем у скрученных нитей. Так после обкручивания нити Руслан 14,3 текс пряжей Протекс 30 текс в двух противоположных направлениях жесткость увеличивается в 2,3 раза, а после обкручивания нити Руслан 29,4 текс в одном направлении жесткость увеличивается в 5 раз. Таким образом, жесткость обкрученных нитей нельзя представить как простую сумму жесткостей составных компонентов.

Далее из комбинированных нитей, фотографии которых представлены на рис. 1 были изготовлены три образца тканей. Параметры строения тканей были выбраны таким образом, чтобы получить наибольшие значения коэффициентов наполнения волокнистым материалом при имеющемся ограничении на поверхностную плотность – не более  $260 \text{ г/м}^2$ .

В табл. 1 представлены значения основных показателей свойств и параметров строения изготовленных образцов суровых тканей, а на рис. 3 их фотографии в проходящем свете.

Установлено, что при одинаковой или даже большей поверхностной плотности ткани из обкрученных нитей будут иметь меньшее наполнение волокнистым материалом и меньшее поверхностное заполнение по сравнению с тканями из скрученных нитей. Ткани из обкрученных нитей имеют очень высокую сквозную пористость и, как следствие, высокую воздухопроницаемость, у таких тканей отсутствует застилая поверхность, что лишает смысла их обработку водоотталкивающей пропиткой.

Что касается устойчивости тканей к истиранию, то установлено, что ткань из обкрученных в двух направлениях нитей, в сердечнике которых использована арамидная нить 14,3 текс, а в оплетке пряжа 30 текс, имеет минимальную устойчивость к истиранию. При истирании тканей из комбинированных обкрученных нитей пряжа, выступающая на опорную поверхность, начинает разрушаться уже после ~500 циклов.

Таблица 1

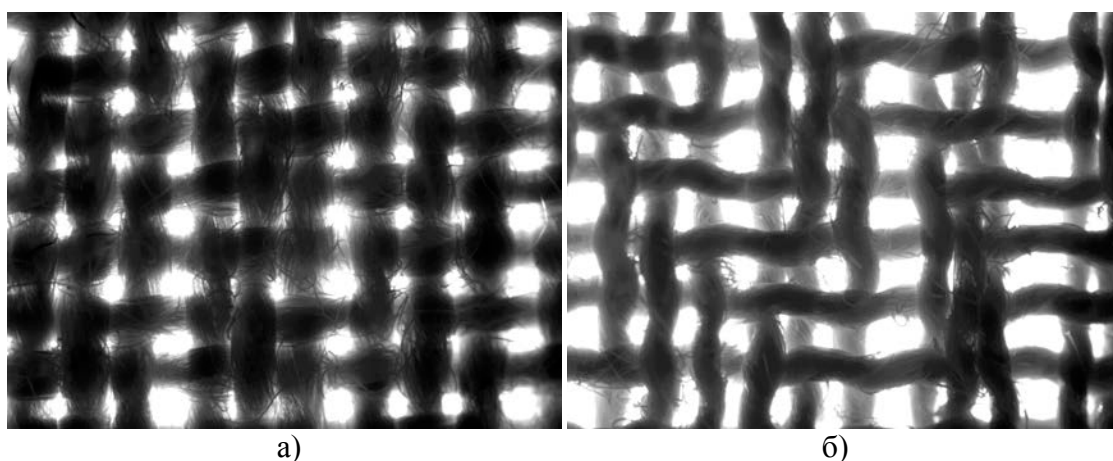
Показатели свойств суровых образцов огнетермостойких тканей

Наименование параметра	Значение параметра		
	Саржа 1/2	Саржа 3/3	Сатин R=4
Переплетение			
Вид комбинированных нитей	скрученная	обкрученная в одном направлении	обкрученная в двух направлениях
Общее содержание нити и пряжи в ткани, %	49/51	43/57	17/83
Линейная плотность нитей основы и утка, текс	59,2	68,8	83,1
Поверхностная плотность ткани, $\text{г/м}^2$	237,8	288,3	238,9
Толщина ткани, мм	0,50	0,73	0,79
Разрывная нагрузка полоски ткани (50×200)мм, Н			
по основе	5755,5	7723,4	-
по утку	5292,5	7095,6	-

Разрывное удлинение полоски ткани (50×200)мм, %			
по основе	14,5	11,8	-
по утку	10,9	9,5	-
Раздирающая нагрузка ткани, Н			
по основе	878,0	1074,2	-
по утку	755,4	980,4	-
Устойчивость ткани к истиранию, циклы			
лицо	4210	4512	1085
изнанка	3613	-	962
Воздухопроницаемость при 5 мм вод. ст., дм <sup>3</sup> /м <sup>2</sup> с	285	1307	Более 1435
Поверхностное заполнение ткани, %	101	97	87
Коэффициент наполнения ткани			
по основе	1,03	0,95	0,87
по утку	0,91	0,85	0,81

В заключение следует отметить, что разработанные комбинированные огне- и термостойкие нити и ткани на их основе имеют свои преимущества и недостатки. К очевидным преимуществам тканей из обкрученных нитей можно отнести их лучшую окрашиваемость, а к недостаткам низкую устойчивость к истиранию вследствие раннего разрушения пряжи-оплетки и высокую поверхностную плотность при малом наполнении.

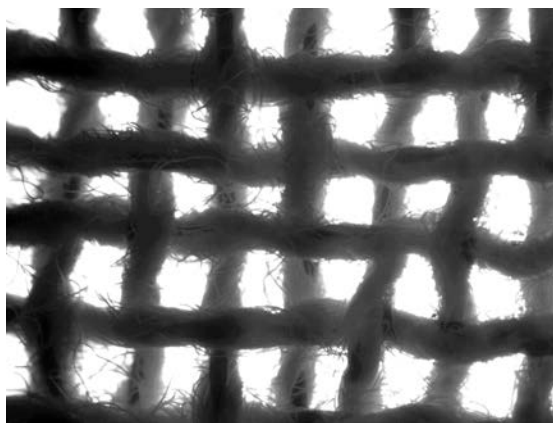
Таким образом, на данный момент для изготовления защитных тканей целесообразным представляется использование нитей, полученных способом скручивания компонентов на тростильно-крутильных машинах, в подобных нитях компоненты имеют одинаковое натяжение при скручивании и, как следствие, имеют примерно одинаковую степень изгиба и соотношение компонентов. Обкрученные нити можно ввести в структуру ткани только в ограниченном количестве с определенным шагом по основе и/или утку, тогда, чередуя скрученные и обкрученные нити можно добиться положительного эффекта, выраженного в увеличении прочности ткани при растяжении и раздирании, и улучшении ее окрашиваемости.



а)

б)





в)

Рис. 3. Фотографии в проходящем свете тканей из комбинированных скрученных (а), обкрученных в одном направлении (б) и в двух направлениях (в) нитей

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Перепелкин К.Е. Армирующие волокна и волокнистые полимерные композиты. — СПб.: Научные основы и технологии, 2009. — 380 с.
2. Перепелкин К.Е., Маланьина О.Б., Пакшвер Э.А., Макарова Р.А. Сравнительная оценка термических характеристик ароматических нитей (полиоксазольных, полиимидных и полиарамидных) // Химические волокна. 2004. № 5, с. 45-48.
3. Михайлин Ю.А. Тепло-, термо- и огнестойкость полимерных материалов. – СПб.: Научные основы и технологии, 2011. – 416 с.
4. Денисова Е.В. Разработка структуры и технологии получения неоднородных нитей для технических изделий: Дис. ... канд. техн. наук. – М.: ФГБОУ ВПО «МГУДТ», 2015. - 196 с.
5. Алахова С.С. Комбинированные огнестойкие нити. Технический текстиль, 2005, № 12. Режим доступа: <http://rustm.net/catalog/article/79.html> (дата обращения: 19.03.2017).
6. P.E. Safonov, N.M. Levakova, and S.S. Yukhin. Evaluation of the Industrial Processability of High-Strength and High-Modulus Yarns in Weaving, Taking into Account Abrasion Resistance. *Fibre Chemistry, Vol. 47, No. 5, pp. 397-402, January, 2016.* (doi:10.1007/s10692-016-9701-x)
7. Щербаков В.П., Скуланова Н.С. Основы теории деформирования и прочности текстильных материалов / Монография. – М.: МГТУ им. А. Н. Косыгина, 2008. – 268 с.

УДК 666.954.3.004.183

### ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КОКОНОМОТАЛЬНОГО СТАНКА КИТАЙСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

### ENERGY INDICATORS OF THE CHINESE MADE SILK REELING MACHINE

Ф.А.Хошимов, Г.Г.Мавлянбердиева  
F.A.Khoshimov, G.G. Mavlyanberdiyeva

Узбекский научно-исследовательский институт натуральных волокон  
(Узбекистан, Маргилан)

Uzbek Research Institute of natural fibers (Uzbekistan, Margilan)

E-mail: margilon\_shoyi@yahoo.com

В статье показаны анализы энергетических показателей удельного расхода на кокономотальном автомате FY 2008 NT. Кокономотальные станки Китайского производства FY 2008 NT несмотря на высокий уровень механизации и автоматизации технологических процессов, имеют повышенную

потребность в расходе энергоресурсов. В частности, на выработку 1т шелка-сырца на этом автомате расходуется 1600 м<sup>3</sup> воды, которую сливают в канализацию, 80 тонн пара, 25000 кВт.ч. электроэнергии. Такой большой расход энергоресурсов, влияет на себестоимость шелка-сырца, делает его дорогим, менее конкурентоспособным по сравнению с шелком-сырцом, выработанным на механических станках.

Ключевые слова: шелковая отрасль; кокономотальные автоматы; шелк-сырец; энергоресурсы; электроэнергия; вода; себестоимость; математическая модель.

This article shows the analysis of the energy indicators of specific consumption at the FY 2008 NT automatic moyer. Chinese made silk reeling machine FY 2008 NT, despite the high level of mechanization and automation of technological processes, have an increased need for energy consumption. In particular, 1600 m<sup>3</sup> of water is used for the production of 1 tons raw silk on this machine, which is drained into the sewage system, 80 tons of steam, and 25,000 kWh electricity. Such a large consumption of energy resources affects the prime cost of raw silk, making it expensive, less competitive than raw silk produced on mechanical machines.

Keywords: silk industry; automatic silk reeling machine; raw silk; energy resources; electric power; water; cost; mathematical model.

Вновь создаваемые совместные предприятия в шёлковой отрасли оснащаются кокономотальным и сопряженным с ним технологическим оборудованием китайского производства. Кокономотальные автоматы марки FY 2008 NT работают в автоматическом режиме и производят размотку коконов погруженным способом. Шелк-сырец на этих станках вырабатывается двумя способами, т.е. вначале размотанный шелк-сырец убирается на малые мотвила периметром 0,65м, а затем, после вакуум-замочки, перематывается на стандартные мотвила периметром 1,5 м.

Эти автоматы, несмотря на их высокий уровень механизации и автоматизации технологических процессов, имеют повышенную потребность в расходе энергоресурсов. В частности, на выработку 1т шелка-сырца на этом автомате расходуется 1600 м<sup>3</sup> воды, которую сливают в канализацию, 80 тонн пара, 25000 кВт.ч. электроэнергии [1]. Такой большой расход энергоресурсов, особенно питьевой воды для технологических нужд в условиях дефицита водных ресурсов в регионе, тяжелым бременем ложится на себестоимость шелка-сырца, делает его дорогим, менее конкурентоспособным по сравнению с шелком-сырцом, выработанным на механических станках.

Ниже, в таблице 1 приводятся некоторые технико-экономические показатели кокономотального оборудования.

Для каждого вида кокономотального станка на основе экспериментальных исследований была получена математическая модель потребляемой мощности и удельного электропотребления в зависимости от часовой производительности. В частности, для станка марки **FY 2008 NT** имеет вид:

$$P_n = 5,7 \text{ кВт} = const$$

$$d = \frac{5,7}{A} \text{ кВт.ч / т}$$

где  $P_n$  - потребляемая мощность станка, кВт;

$A$  - средняя часовая производительность станка, кг/ч или т/ч;

$d$  - удельный расход электроэнергии станка, кВт.ч/т.

Таблица 1

№	Характеристика оборудования	Страны, производители кокономотального оборудования и марка
1	Марка оборудования	Китай FY 2008 NT
2	Расход воды: - на наполнение тазов серии, л; - при установившейся работе, л/час	3700 10800
3	Вид оборудования	автоматический
4	Установленная мощность электродвигателя, кВт	7,1
5	Ассортимент вырабатываемого шёлка-сырца, (метрические номера)	215 310 429
6	Количество ловителей на станке автомате, шт.	400
7	Производительность станка, кг/ч:	
	215	7,22
	310	6,46
	429	4,94

На основании выше приведённых формул, определены агрегатные величины удельного расхода электроэнергии по видам выпускаемой продукции:

- для ассортимента выпускаемой продукции – 215/1, согласно таблице 6

$$d = \frac{5,7}{7,22} = 790 \text{ кВт.ч} / \text{т}$$

- для ассортимента выпускаемой продукции – 429/1

$$d = \frac{5,7}{4,94} = 1154 \text{ кВт.ч} / \text{т}$$

- для ассортимента выпускаемой продукции – 310/1

$$d = \frac{5,7}{6,46} = 882 \text{ кВт.ч} / \text{т}$$

Из расчёта видно, что величина удельного расхода электроэнергии в зависимости от ассортимента изделий колеблется от 10 до 30% .

На основании выше приведенных данных построена энергетическая характеристика кокономотального станка (рис. 1) где Б, В, С, D, Е - точки, соответствующие максимальной производительности агрегата при выпуске шелка-сырца с линейными плотностями 4,65; 3,23; 2,33; 1,89; 1,65 текс.

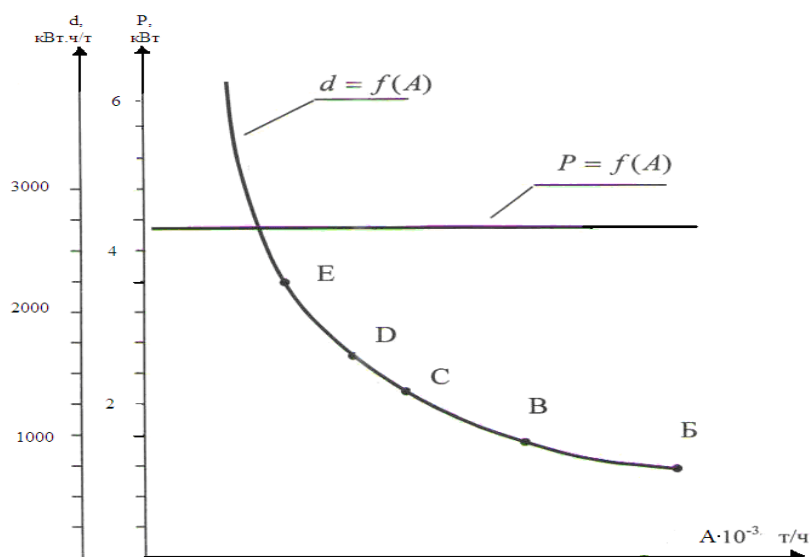


Рис. 1. Энергетическая характеристика кокономотального станка FY 2008 NT

Таким образом, можно сказать, что величина удельного расхода электроэнергии в зависимости от метрического номера шёлка-сырца и калибра кокона сильно колеблется. Недоучёт этих изменений при прогнозировании расхода электроэнергии на перспективу может привести к значительным погрешностям.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Рахимходжаев Г.А., Асраров Г.Г., Ахунбабаев О.А. Современное состояние техники и технологии кокономатания на шелкомотальных предприятиях Республики Узбекистан. – Ташкент: “Фан”, 2007. – 48 с.

УДК 677.37.074.002.237.

### РАЗРАБОТКА НОВЫХ СТРУКТУР ШИРОКИХ ПОСТЕЛЬНЫХ ТКАНЕЙ

#### DEVELOPMENT OF NEW STRUCTURES OF WIDE BEDDING FABRICS

М.М. Мирзахонов<sup>1</sup>, Г.Н. Валиев<sup>1</sup>, Ж.К. Жабборов<sup>2</sup>  
 M.M. Mirzaxonov<sup>1</sup>, G.N. Valiyev<sup>1</sup>, J.K. Jabborov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Узбекский научно-исследовательский институт натуральных волокон  
 (Узбекистан, Маргилан)

<sup>2</sup>Общество с ограниченной ответственностью «BUKHARA TECHNO TEKS»  
 (Узбекистан, Бухара)

Uzbek scientific-research institute of natural fibers (Uzbekistan, Margilan)

“BUKHARA TECHNO TEKS” LLC (Uzbekistan, Bukhara)

E-mail: mmirzaxonov@list.ru, gnvaliev@mail.ru

В данной работе разработана и внедрена в производство новая структура и технология производства постельной ткани. Ткань содержит переплетённые между собой основные и уточные нити и выполнена переплетением обратно сдвинутой саржи на базе саржи 3/1. Ткань также может быть выработана на базе саржи 2/1 или 4/1 или 3/2 или 5/1 или 4/2. Новые структуры постельной ткани и технология её производства внедрены в производство в предприятии «BUKHARA TECHNO TEKS». Определены показатели структуры и физико-механические свойства новой хлопчатобумажной постельной ткани.

**Ключевые слова:** ткань, ткань постельная, переплетение ткани, структура ткани, показатель структуры, свойство ткани.

In this paper, a new structure and technology for the production of bed cloth has been developed and introduced into production. The fabric contains interwoven warp and weft yarns and is made by weaving back shifted twill on the basis of twill 3/1. Fabric can also be produced on the basis of twill 2/1 or 4/1 or 3/2 or 5/1 or 4/2. New structures of bed cloth and technology of its production are introduced into production at the enterprise "BUKHARA TECHNO TEKS". The structural indicators and physical and mechanical properties of the new cotton bedding fabric are determined.

**Keywords:** fabric, bed cloth, weaving of fabric, fabric structure, structure index, property of fabric.

Хлопчатобумажные ткани занимают наибольший удельный вес в общем объёме производимых тканей, которые отличаются разнообразным оформлением в результате применения различных переплетений и видов отделки. Как известно, хлопчатобумажные ткани обладают высокими гигиеническими и прочностными свойствами.

В ассортименте хлопчатобумажных тканей бельевые ткани подразделяются на три подгруппы: бязевая, миткалевая и специальная. Вырабатывают их полотняным переплетением, отбеленными, реже гладкокрашенными в светлые тона и набивными.

Хлопчатобумажные постельные ткани относятся к группе бельевых тканей. Бязи и полотна для постельного белья вырабатывают полотняным переплетением ([1], с. 318).

Известны, предназначенные для постельного белья, различные ассортименты ткани бязь полотняного переплетения ([2], с. 472-477, [3], с. 40-45), например, из хлопчатобумажной пряжи линейной плотностью в основе 25 текс и в утке 29 текс, содержащие переплетённые между собой основные и уточные нити, плотность нитей на 10 см ткани по основе  $P_o = 246$  нитей, по утку  $P_y = 238$  нитей ([2], с. 474, [3], с. 40-41).

Целью работы является расширение ассортимента постельных тканей путем создания их новых структур.

Сущность новой структуры постельной ткани заключается в том, что она содержит переплетённые между собой основные и уточные нити, и выполнена переплетением обратно сдвинутая саржа, при этом плотность нитей по основе больше плотности нитей по утку в отношении от 2,25 : 1 до 4,00 : 1. Ткань может быть выработана переплетением обратно сдвинутая саржа на базе саржи 2/1 или 3/1 или 4/1 или 3/2 или 5/1 или 4/2, например, на базе саржи 3/1, приведённом на рис. 1, где  $n$  – номер нити основы, определяемый согласно технического расчёта ткани, после которого у очередных нитей меняется знак сдвига и знаки перекрытий, то есть основные перекрытия заменяются уточными и наоборот.

Как известно, переплетение ткани обратно сдвинутая саржа представляет собой сочетание правой и левой саржи, при котором после произвольного числа нитей основы  $n$ , определяемом согласно технического расчёта ткани, у очередных нитей меняется знак сдвига и знаки перекрытий, то есть основные перекрытия заменяются уточными и наоборот ([4], с. 42 – 43).

В новой структуре постельной ткани, выполнение её переплетением обратно сдвинутая саржа на базе саржи 2/1 или 3/1 или 4/1 или 3/2 или 5/1 или 4/2, создаёт длинные основные перекрытия, которые в сочетании с высокой плотностью нитей по основе и большим уплотнением нитей основы в ткани, позволяют получить новую структуру ткани с ровными застилистыми полосками вдоль основы шириною  $n$  нитей. Участок ткани с изменённым знаком перекрытий, где основные перекрытия заменены уточными перекрытиями, и наоборот, создаёт длинные уточные перекрытия, которые в сочетании с небольшой плотностью нитей по утку и небольшим уплотнением нитей утка в ткани, позволяют получить новую структуру ткани с микрорельефными полосками вдоль основы шириною  $n$  нитей, отличающимися от ровных застилистых полосок основных нитей, и в результате получить новую структуру ткани с чередующимися вдоль основы ровными застилистыми и микрорельефными структурными полосками, расширить ассортимент постельных тканей.

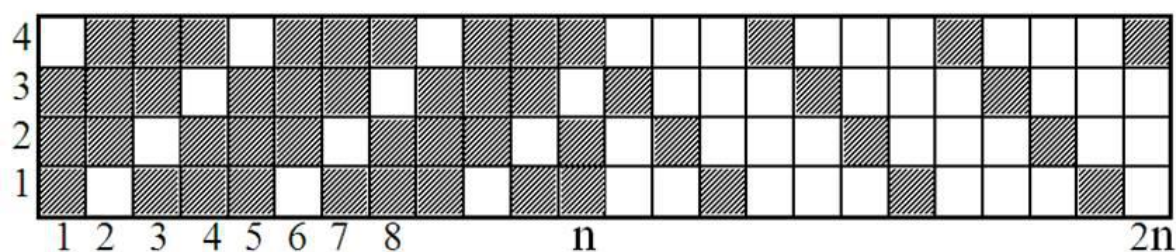


Рис. 1. Переплетение постельной ткани, вариант – обратно сдвинутая саржа на базе саржи 3/1

Постельная ткань может быть выработана из хлопчатобумажной пряжи или из пряжи из смеси хлопкового волокна с другими волокнами, различной линейной плотности как в основе, так и в утке, различным количеством плотности нитей по основе и по утку, с различной шириной полосок в  $n$  нитей, определяемыми согласно технического расчета ткани. При этом раппорт по основе равен  $2n$ , раппорт по утку равен раппорту базовой саржи.

Например, ткань постельная, содержит переплетённые между собой основные и уточные нити из хлопчатобумажной пряжи в основе 20 текс и в утке 20 текс, плотность нитей на 10 см ткани по основе  $P_o = 505$  нитей, по утку  $P_u = 170$  нитей, при этом ткань выполнена переплетением обратно сдвинутая саржа, например на базе саржи 3/1 (рис. 1), плотность нитей по основе больше плотности нитей по утку в отношении 2,97 : 1.

В результате получают новую структуру ткани с чередующимися вдоль основы ровными застилистыми и микрорельефными структурными полосками общей шириной полосок в  $2n$  нитей, каждая полоска в  $n$  нитей, что расширяет ассортимент постельных тканей.

Выработаны опытные партии тканей и получены вышеотмеченные положительные результаты. Показатели структуры и физико-механических свойств новой хлопчатобумажной постельной ткани приведены в таблице 1.

Таблица 1

Показатели структуры и физико-механических свойств новой хлопчатобумажной постельной ткани

№	Наименования параметров	Ед. изм.	Значения параметров
1	Ширина суровой ткани	см	262,4
2	Поверхностная плотность ткани	г / м <sup>2</sup>	158,2
3	Масса 1 погонного метра ткани	г	415
4	Плотность нитей в ткани: по основе по утку	н /10 см н /10 см	513 176
5	Линейная плотность пряжи: основа уток	Текс (№) Текс (№)	20,26 (49,36) 20,24 (49,40)
6	Разрывная нагрузка: по основе по утку	Н (Кгс) Н (Кгс)	239,4 (24,4) 159,0 (16,2)

7	Разрывное удлинение:		
	по основе	%	12,4
	по утку	%	6,2
8	Воздухопроницаемость:	$10 \text{ см}^3 / \text{м}^2 \cdot \text{с}$	135
9	Уработка нитей:		
	по основе	%	4,70
	по утку	%	1,4
10	Стойкость к истиранию по плоскости	циклы	460

Новые структуры конкурентоспособной хлопчатобумажной постельной ткани и технология её производства внедрены в производство в предприятии «BUKHARA TENNO TEKS» в городе Бухаре Республики Узбекистан.

Таким образом, можно сделать следующие выводы.

1. Разработана новая структура и технология производства постельной ткани, выполненной переплетением обратно сдвинутая саржа на базе саржи 3/1.

2. Ткань также может быть выработана переплетением обратно сдвинутая саржа на базе саржи 2/1 или 4/1 или 3/2 или 5/1 или 4/2.

3. Выполнение постельной ткани переплетением обратно сдвинутая саржа создаёт длинные основные перекрытия, которые в сочетании с высокой плотностью по основе и большим уплотнением нитей основы, позволяют получить структуру с ровными застилистыми полосками вдоль основы шириною  $n$  нитей, и длинные уточные перекрытия, которые в сочетании с небольшой плотностью по утку и небольшим уплотнением нитей утка, позволяют получить структуру с микрорельефными полосками вдоль основы шириною  $n$  нитей, и в результате получить новую структуру ткани с чередующимися вдоль основы ровными застилистыми и микрорельефными структурными полосками и расширить ассортимент постельных тканей.

4. Определены показатели структуры и физико-механические свойства новой хлопчатобумажной постельной ткани.

5. Новые структуры конкурентоспособной хлопчатобумажной постельной ткани и технология её производства внедрены в производство в предприятии «BUKHARA TENNO TEKS».

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Лабораторный практикум по текстильному материаловедению: Учебное пособие для вузов / Кобляков А.И., Кукин Г.Н., Соловьев А.Н. и др. – М.: Легпромбытиздат, 1986. – 344с.
2. Хлопчаткачество: Справочник / Букаев П.Т., Оников Э.А., Мальков Л.А. и др. Под редакцией П.Т.Букаева. – М.: Легпромбытиздат, 1987. – 576 с.
3. Заправочные расчёты суровых тканей: Справочник / Бородин А.И., Титова Т.С., Фомина М.Н. и др. – М.: Легкая индустрия, 1970. – 392 с.
4. Кутепов О.С. Строение и проектирование тканей. – М.: Легпромбытиздат, 1988. – 224с.

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ВОЛОКНИСТОГО СОСТАВА НА СВОЙСТВА ПОЛИКОМПОНЕНТНЫХ ТКАНЕЙ

### FIBROUS COMPOSITION ON THE PROPERTIES OF POLYCOMPONENT FABRICS

Д.У. Арипджанова, Д.А. Хабибуллаев, М.Р. Мадумарова  
D.U. Aripdzhanova, D.A. Habibullayev, M.R. Madumarova

Узбекский научно-исследовательский институт натуральных волокон  
(Узбекистан, Маргилан)

Uzbek research institute of natural fibers (Uzbekistan, Margilan)  
E-mail: sarafruz\_2008@mail.ru, margilon\_shoyi@yahoo.com

Статья посвящена исследованию влияния волокнистого состава на свойства поликомпонентных тканей. Определено существенное увеличение показателей разрывных характеристик тканей содержащих 25% полиэфирного волокна и 2% нитей лайкра. При добавлении 2% эластановой нити прочность растёт, соответственно, на 17-19% удлинение на 31% и 2,2 раза. В шерсто (70%) – шелковой (30%) ткани рост разрывной нагрузки по основе составил 15% и по утку 19% по сравнению чистшерстяной тканью. Выработан новый образец ткани из поликомпонентной (50% шерсть + 20% шелк + 30% полиэфир) пряжи полотняным переплетением поверхностной плотностью 270 г/м, значительно на 27% улучшенными разрывными характеристиками.

Ключевые слова: волокно; шерсть; натуральный шелк; полиэфир; поликомпонентная ткань; свойство ткани.

This article is devoted for the research of the influence of fibrous composition on the properties of polycomponent fabrics. A significant increase in the parameters of the discontinuous characteristics of fabrics containing 25% polyester fiber and 2% lycra yarn was determined. When 2% of the elastane yarn is added, the strength increases, respectively, by 17-19%, the elongation by 31% and 2.2 times. In woolen (70%) - silk (30%) fabric, the tensile load on the basis was 15% and for the weft 19% compared to pure woolen cloth. A new sample of fabric made of polycomponent (50% wool + 20% silk + 30% polyester) yarn with a weaved weave with a surface density of 270 g / m, significantly improved by 27% with breaking properties.

Key words: fiber; wool; natural silk; polyester; polycomponent fabric; property of the fabric.

В Центрально-Азиатском регионе, условия которого характеризуются резкоконтинентальным климатом, импортные шерстяные ткани и изделия из них пользуются большим спросом у местного населения. Поэтому на местном рынке представлено достаточно большое количество импортных шерстяных и полушерстяных тканей, рекомендованных для промышленного изготовления верхней одежды.

Сырьевой кризис текстильной промышленности, связанный с ограниченными возможностями производства натуральных волокон и одновременным возрастанием потребности в увеличении объёмов выпуска текстильной продукции заставляет искать новые пути более рационального использования сырьевых ресурсов, в частности отходов. Несомненно, что только комплексный подход к решению данного вопроса может позволить найти наиболее эффективные технологии и технические решения в этой области [1, с. 3].

Исходя из практики мировых текстильных производителей можно отметить, что более эффективным решением этой проблемы является создание новых методов и совершенствование существующих технологий выработки продукции смесовых праж натуральных и химических волокон и не только из добротных волокон, но и их волокнистых отходов.

В настоящее время большими успехами ведутся работы по выработке тканей различного ассортимента из местного сырья: натурального шелка и хлопчатобумажной пряжи [2]. Эти ткани пользуются большим успехом.



Учеными Узбекского научно-исследовательского института натуральных волокон и Ташкентского института текстильной и легкой промышленности ведутся научные исследования по разработке совершенствованных ресурсосберегающих технологий и методов производства смесовых поликомпонентных пряж в составе камвольной шерсти, волокнистых отходов натурального шелка и лавсана, выработки ткани из них и крашения.

В процессе реализации стратегии научных экспериментальных исследований, проведены теоретические и практические работы по изучению свойств каждого образцов натуральных и химических волокон.

С целью оценки качества показателей свойств нового образца шерсто-шелковой ткани и их сравнения с импортными шерстяными и полушерстяными тканями, проведены исследования физико-механических и других качественных показателей. Из импортных, отобраны ткани с различным волокнистым составом, фактурой и отделкой, предназначенные для изготовления верхней женской одежды плательно-костюмной группы. Исследования проведены в сертификационной лаборатории «SentexUz» ТИТЛП. Результаты исследования приведены в таблице.

Анализ показал, что число реализуемых тканей с максимальным содержанием шерстяного волокна на рынке составляет примерно 30 % от общего поступления. 70 % волокнистого состава этих так называемых шерстяных тканей приходится на химические волокна полиэфир, вискоза, эластан и др.

Анализ разрывных характеристик тканей с различным содержанием шерсти показывает, что у чистошерстяных разрывная нагрузка по основе 31,1 кг.с, по утку 26,7 кг.с, а удлинение по основе 20,3%. и по утку 25,2%. При добавлении двух процентов эластановой нити прочность растет, соответственно, на 17-19% удлинение на 31% и 2,2 раза. Из-за высоких прочностных показателей химических нитей добавление их в шерстяные ткани значительно повышает разрывные характеристики смесовой ткани. Однако, увеличение доли полиэфирной нити в шерстяной ткани (более чем на 25%) резко снижает её пористость и воздухопроницаемость. Следует отметить, что у смешанной ткани с содержанием 40% шерсти, 35% вискозы и 25% полиэфира оказались высокими показатели разрывных характеристик и воздухопроницаемости. Очевидно, этому способствовали наряду с шерстью и свойства искусственного волокна вискозы.

Из таблицы видно, что в шерсто (70%) – шелковой (30%) ткани рост разрывной нагрузки по основе составил 15% и по утку 19% по сравнению чистошерстяной тканью. Это объясняется тем, что прочность шелко- волокна в полтора раза выше чем шерсти. Другие физико-механические и технологические показатели шерсто-шелковой ткани по сравнению с чисто шерстяной, также значительно улучшились. Следует отметить, что использование в шерсто-шелковой пряже шелковых очесов снижает и себестоимость материала.

Таблица 1

Качественные характеристики образцов шерстяных и смесовых тканей

Показатели	Требование ECLA [160]	Метод	Прибор	Варианты образцов					
				Конт- роль	№1	№2	№3	№4.	Экспери- менталь- ный
Назначение ткани				Кос- тюм- ная	Кос- тюм- ная	Кос- тюм- ная	Кос- тюм- ная	Кос- тюм- ная	Кос- тюмная

Продолжение таблицы 1

Волокнистый состав ткани, %				100% синтетика	100% шерсть	98% шерсть, 2% эластан	90% шерсть, 10% полиэфир	75% шерсть, 25% полиэфир	70% шерсть, 30% шелк
Ширина, см				154	152	146	150	154	152
Толщина ткани, мм				0,4	0,4	0,4	0,3	0,5	0,4
Переплетение				Неровный сатин	Полотняное	Саржа	Саржа	Саржа	Полотняное
Линейная плотность нитей, текс -основы - утка		DIN 1 53830 T3-1980	SK-60H	25 25	40 30	30 40	34 36	80 80	30 30
Поверхностная плотность ткани, 1 г/м <sup>2</sup>		ISO 3801-1977	Cloth balance, measuring cut. GX-400	300	156,9	200,1	185	250,8	145
Плотность ткани - по основе - по утку		DEN 53853-1973		780 шт 324 шт	260 шт 220 шт	255 шт 215 шт	420 шт 300 шт	220 шт 160 шт	260 шт 220 шт
Разрывная нагрузка, кг·с - по основе - по утку	>22 >22	ISO 5081-5082	AUTOG RAPH AG-1	81,5 76,3	31,1 26,7	36,5 31,8	68,0 57,7	26,6 32,3	35,8 32,0
Разрывное удлинение, % - по основе - по утку	>11 >11	ISO 5081-5082	AUTOG RAPH AG-1	25,7 21,5	20,3 25,2	26,6 55,9	24,3 28,5	20 21,7	23,4 34,2
Устойчивость к истиранию, цикл	>16000	JIS L-1096	SDL international Martindale M235/3	66200	25100	35200	43000	41000	31600
Пиллингуемость, балл 1 см <sup>2</sup> шт.	<4	JIS L-1076	Pilling Tester IP-3	0	0	0	1	2	0

Устойчивость к раздираанию кг·с - по основе - по утку	>1000 >1000	JIS L-1096 ISO 9260	Elmendorf Tearing Strength Tester TA-1	3680 3280	1200 1160	1600 1500	4240 3920	1760 1280	1450 1360
Устойчивость цвета - к светопогоде, балл	>5			8	8	8	8	8	8
Воздухопроницаемость, см <sup>3</sup> /см <sup>2</sup> ·сек	>40	ISO 5081-5082	Frazier-type Air Perm. Tester AP-360SM	14,8	42	40,1	40,0	37,0	51,2
Несминаемость, α°, К% -по основе - по утку	>30 >30	ISO 5081-5082	Wrinkle Recovery Tester AW-6	82,2 87,2	87,2 77,7	88,4 84,0	76,4 78,2	77,7 75,0	92,9 83,2

Анализ приведенных в таблице данных показывает, что по сравнению с чистошерстяной, у синтетической ткани из 100% полиэфира, несмотря на значительно высокие его разрывные характеристики, показатель воздухопроницаемости почти в пять раз ниже, что отражается на комфортности изделий.

В шерстяной ткани с добавлением 2% лайкры удлинение по утку растет в два с лишним раза по сравнению с 100% шерстяной.

Из результатов научных исследований можно сделать следующие выводы:

- число реализуемых тканей с максимальным содержанием шерстяного волокна на рынке составляет примерно 30 % от общего поступления. 70 % волокнистого состава этих так называемых шерстяных тканей приходится на химические волокна полиэфир, вискоза, эластан и др.

- определено существенное увеличение показателя разрывных характеристик тканей содержащих 25% полиэфирного волокна и 2% нитей лайкра;

- при добавлении двух процентов эластановой нити прочность растет, соответственно, на 17-19% удлинение на 31% и 2,2 раза;

- в шерсто (70%) – шелковой (30%) ткани рост разрывной нагрузки по основе составил 15% и по утку 19% по сравнению чистошерстяной тканью. Это объясняется тем, что прочность шелко- волокна в полтора раза выше чем шерсти;

-выработан новый образец ткани из поликомпонентной (50% шерсть+20%шелк+30%полиэфир) пряжи полотняным переплетением поверхностной плотностью 270г/м, значительно на 27% улучшенными разрывными характеристиками.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Фролов В.Д., Сапрыкин Д.Н., Фролова И.В. Производство текстильных материалов на основе малоотходной технологии.// -М.:1995,с. 267 стр.
2. Алимова Х.А., Арипджанова Д.У., Гуламов А.Э., Бастамкулова Х.Д., Юсупходжаева Г.А. Способ получения бикомпонентной пряжи из смешанных волокон.// Патент Республики Узбекистан № IAP 04949.-2014.- Бюл. № 9.

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ШЕЛКА-СЫРЦА  
ИЗ ПОВРЕЖДЁННЫХ КОКОНОВ**

**DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR PRODUCING RAW SILK FROM  
DAMAGED COCOONS**

У.О.Ахунбабаев, Г.Г.Асраров, И.И.Туйчиев  
U.O.Axunbabayev, G.G.Asrarov, I.I.Tuychiyev

Узбекский научно-исследовательский институт натуральных волокон  
(Узбекистан, Маргилан)  
Uzbek Research Institute of natural fibers (Uzbekistan, Margilan)  
E-mail: margilon\_shoyi@yahoo.com

В статье приводятся вопросы получения шелка-сырца из повреждённых коконов. Цель разработки - получение из коконов, пораженных вредителями - кожедами, шелка-сырца обезличенной линейной плотности 100...50 текс (№ 10...20) или шелковой струны с дальнейшим использованием их в ручном ковроткачестве или выработки отдельных видов шелковых тканей. Для переработки коконов, оболочки которых повреждены личинками кожедов, предлагается новая технология их запаривания. Сущность новой технологии заключается в принудительном заполнении внутренней полости коконов технологической водой.

**Ключевые слова:** коконы; повреждённый кокон; обработка коконов; коконные нити; запаривание; запарка коконов; паротепловая обработка.

In this article questioned of producing of raw silk from damaged cocoons. The goal of the development is to obtain from cocoons affected by pests - skinheads, raw silk of impersonal linear density 100 ... .50 tex (No. 10 ... 20) or silk string with their further use in manual carpet weaving or the production of certain types of silk fabrics. For the processing of cocoons, whose shells are damaged by the larvae of kozheed, a new technology for their steaming is proposed. The essence of the new technology is the forced filling of the internal cavity of cocoons with process water.

**Keywords:** cocoons; damaged cocoon; cocoon processing; cocoon threads; steaming; cocoon steaming; steam-heat treatment.

В настоящее время актуальными являются задачи повышения качества продукции, увеличения объема производства и расширения ассортимента шелковых тканей и изделий из натурального шелка, совершенствования технологии переработки коконного сырья, увеличения объёма выработки и повышения качества шелка-сырца. При этом большое значение имеет уровень совершенства технологии получения шелка-сырца.

При производстве шелка-сырца коконы длительное время хранятся на стеллажах коконозаготовительных пунктов, или в мешках по 25кг на складах шелкомотальных предприятий. Срок хранения коконов в зависимости от объема закупки может составлять от 6 до 9 месяцев.

Разумеется, при столь длительных сроках хранения актуальным становится вопрос обеспечения сохранения первоначальных природных свойств коконов. Места хранения коконов предварительно тщательно чистят от всех видов мусора, санитарно-эпидемиологические службы производят соответствующую химическую обработку помещений.

К сожалению, несмотря на принимаемые меры, весьма значительный ущерб наносят личинки кожедов, которые могут давать несколько поколений в год. Личинки прогрызают оболочку коконов, проникают внутрь и поедают куколку. По приблизительным данным, повреждаемость коконов кожедами составляет от 0,08 до 0,1% от общего объёма заготовки коконов, что составляет 3...5 тонн сухих коконов, а в стоимостном выражении более 100 млн сум.

В местах прогрыза на оболочке остаются отверстия, диаметры которых составляют 0,2-0,3 мм, и этих отверстий на оболочке может быть от двух до пяти и больше.

Из таких коконов невозможно получить шелк-сырец по используемой в настоящее время технологии, т.к. невозможно заполнить внутреннюю полость коконов водой. Даже если каким-либо образом проварить оболочку кокона, т.е. размягчить клейкую составляющую коконной нити - серицин и ослабить усилие схода нити с оболочки, получить шелк-сырец удовлетворительного состояния не удаётся из-за большого количества обрывов при размотке. Это связано в первую очередь из-за наличия отверстий на оболочке, прогрызенных личинками коковода а также отсутствием воды внутри коконов. Понятно, что, там где отверстие, там и происходит обрыв коконной нити, а из-за отсутствия воды внутри коконов они вытягиваются из воды, что также приводит к обрыву коконной нити. Поэтому такие коконы отбраковываются и перерабатываются по технологии переработки отходов кокономотания, а именно – разрезают, отрезают оболочку от куколок, оболочки отдельно варят, обезжиривают и получают шелковую массу. Полученную шелковую массу перерабатывают далее по классической системе гребенного прядения.

Процесс этот очень трудоемкий, с большим количеством переходов (до 30) и крайне низкопроизводительный. К тому же надо иметь ввиду, что на многих шелкомотальных предприятиях отсутствуют необходимые типы оборудования для переработки отходов кокономотания.

Нами поставлена цель - получение из коконов, пораженных вредителями - коководами, шелка-сырца обезличенной линейной плотности 100...50текс (№ 10...20) или шелковую струну с дальнейшим использованием их в ручном ковроткачестве в качестве основы и утка, для формирования рисунка ковра или выработки отдельных видов национальных шелковых тканей.

Нашей задачей является разработка технологии и изготовление экспериментального устройства для принудительного заполнения внутреннего объема коконов, поврежденных личинками коковода технологической водой. Размотку же коконов можно осуществлять на механических лабораторных кокономотальных станках КМС-10. Изучение специальной литературы и патентного фонда по данной тематике показал, что традиционная обработка таких коконов водой с разной степенью нагрева эффекта проникновения воды вовнутрь кокона и размягчения оболочки не дает [2]. Виной тому небольшие отверстия на оболочке кокона, оставленные личинками коковода. Принимаем во внимание, что воздух перемещается по пути наименьшего сопротивления, поэтому при нагревании коконов водой или паром воздух внутри кокона нагреваясь выходит через эти отверстия. При охлаждении коконов холодной водой внутри кокона создается область пониженного давления и наружный воздух через эти отверстия поступает вовнутрь оболочки. Поэтому вода не поступает в полость кокона и не заполняется водой и, самое главное, не проходит через поры оболочки. Следовательно, дальнейшая тепловая обработка коконов становится бесполезной, так как заполнение коконов водой не происходит и поэтому запаривания оболочки коконов также не произойдет.

Для переработки коконов, оболочки которых повреждены личинками коковода, предлагаем новую технологию их запаривания. Сущность новой технологии заключается в принудительном заполнении внутренней полости коконов технологической водой. Для проверки возможности принудительного заполнения внутренней полости коконов водой, было проведено моделирование эксперимента с помощью медицинского шприца объёмом 100 мл. Вовнутрь шприца устанавливаем кокон, поврежденный личинками коковода и фиксируем его. Затем всасываем воду в шприц в объеме, чтобы кокон полностью находился в воде. Закрываем всасывающее отверстие шприца и медленно начинаем отводить поршень шприца. При этом между поршнем и поверхностью воды образуется область пониженного давления, вследствие чего воздух из внутренней полости кокона начинает выходить, а вода начинает поступать внутрь кокона. Повторяя процедуру перемещения поршня шприца, можно добиться полного заполнения внутренней полости коконов водой.

На этом принципе нами разработан стенд, состоящий из емкости с герметически закрывающейся крышкой. Образцы коконов, пораженных личинками кожеедов закладываются в кассету, и укладывается вовнутрь емкости, затем заливается технологической водой. Уровень воды должен быть на 10...12 см выше уровня кассеты. В то же время между крышкой и уровнем воды остается пустое пространство. На крышке емкости устанавливается штуцер для подсоединения шланга и откачки воздуха вакуумным насосом.

Процесс пропитки оболочки и заполнения внутренней полости кокона осуществляется следующим образом.

После закладки кассеты с коконами вовнутрь емкости и заливки водой, крышку герметически закрывают, включают вакуумный насос, начинается откачка воздуха, что приводит к падению давления внутри емкости. Раз давление в верхней части емкости падает, воздух из внутренней полости коконов выходит наружу. Чтобы уравновесить давление внутри емкости, взамен откаченного воздуха вовнутрь оболочки кокона поступает вода. Температура воды, залитая в емкость поступившей вовнутрь кокона равна 70...75°C и она достаточна, чтобы размягчить серицин нити. Таким образом, запаривание оболочки коконов происходит как с внешней стороны оболочки, так и с внутренней, что значительно убыстряет процесс варки коконов, снижается расход воды и энергии на подогрев воды.

В производственной лаборатории кокономотания УзНИИНВ были проведены эксперименты по пробной размотке поврежденных коконов, запаренных по предложенной технологии. Размотка коконов происходит следующим образом. У запаренных коконов подыскивают вручную концы коконных нитей, затем заправляют на кокономотальном станке и пускают в работу. Принимая во внимание, что коконы бракованные, при их разматывании наблюдается высокая обрывность и поэтому работница через определенные промежутки времени должна подбрасывать под ловитель одновременно по 5-6 коконов с найденными концами. Результаты проведенных испытаний разматывания поврежденных коконов приведены в таблице.

Таблица 1

Результаты проведенных испытаний разматывания поврежденных коконов

№	Показатели	Ед. изм.	Значение
1	Скорость размотки	м/мин	80
2	Размотано коконов	кг	6,0
3	Выработано шелк-сырец	кг	1,52
4	Длина перевивки	мм	30...35

Проведенные эксперименты показывают, коконы поврежденные личинками кожеедов, можно запаривать по предлагаемой нами технологии и получить шелк-сырец обезличенной линейной плотности.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Рахимходжаев Г.А., Асраров Г.Г., Ахунбабаев О.А. Современное состояние техники и технологии кокономотания на шелкомотальных предприятиях Республики Узбекистан. – Ташкент: “Фан”, 2007. – 48 с.

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА НАИМЕНЬШИХ КВАДРАТОВ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАТРАТ МОЩНОСТИ

### APPLICATION OF THE METHOD OF THE LATEST SQUARES FOR RESEARCH OF POWER COSTS

А.В. Крылов, Т.П. Туцкая, Ю.Г. Фомин  
A.V. Krylov, T.P. Tuckaya, Y.G. Fomin

Ивановский государственный политехнический университет  
Ivanovo State Polytechnic University  
E-mail: alekseykrylov9237@gmail.com

Выполнены исследования влияния факторов на потребляемую мощность с использованием метода наименьших квадратов. Влияние факторов (диаметра и линейной скорости приводного вала модуля, интенсивность нагрузки в жале и твёрдость покрытий валов) на потребляемую мощность существенно.

**Ключевые слова:** метод наименьших квадратов; валковый модуль; затраты мощности.

Investigations of the influence of factors on the required power using the method of least squares are performed. The influence of factors (diameter and linear velocity of the drive shaft of the module, the intensity of the load in the sting and the hardness of the coatings of the shafts) on the required power is significant.

**Keywords:** least squares method; roll module; power cost.

В ряде работ посвященных исследованию приводов валковых машин, представлены графики функций, описывающих характер зависимости мощности на привод от некоторых факторов [1,2]. В данном разделе для изучения этих зависимостей использован метод наименьших квадратов. На основе результатов электротехнических испытаний построим графики, которые будут отображать зависимость потребляемой мощности от таких факторов как линейная скорость приводного вала, его диаметр, интенсивность распределенной нагрузки в жале валов модуля.

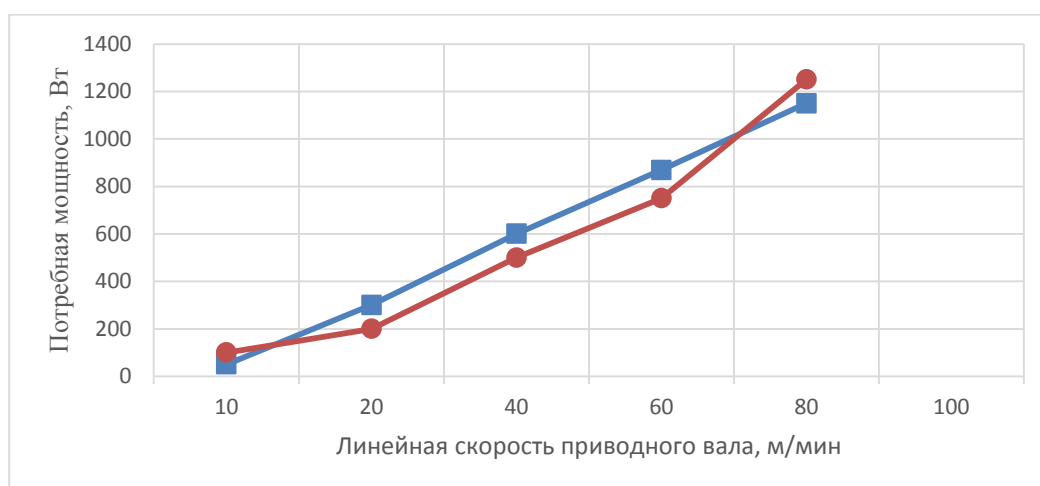


Рис. 1. Зависимость мощности от скорости при  $q=0$

Для более точного изучения зависимости мощности от вышеперечисленных факторов рассмотрим частные случаи при фиксированных значениях остальных параметров (факторов). В таблице 1 приведены результаты электротехнических испытаний на машине ОТ-180-10 при значении интенсивности распределенной нагрузки в жале валов равной нулю

и диаметре приводного вала 210мм. На рис. 1 нанесены точки, ординатами которых служат значения потребной мощности ( $y_x$ ). Точки располагаются вблизи некоторой прямой.

Следовательно, эмпирическая формула может быть представлена в виде [3].

$$y_x = ax + b, \quad (1)$$

где  $y_x$  – текущие ординаты точек искомой сглаживающей (выравнивающей) прямой; а и b – коэффициенты, которые определим методом наименьших квадратов [4].

$$a = \frac{k \sum^x x y_x - \sum^x x \sum^x y_x}{k \sum^x x^2 - (\sum^x x)^2}, \quad (2)$$

$$b = \frac{\sum^x y_x \sum^x x^2 - \sum^x x \sum^x x y_x}{k \sum^x x^2 - (\sum^x x)^2}, \quad (3)$$

Таблица 1

Результаты электротехнических испытаний на машине ОТ-180-10

X ( $y$ -скорость, м/мин)	$Y_x$ (P - мощность, Вт)	$x^2$	$x y_x$
12	120	144	1440
20	200	400	4000
40	500	1600	20000
60	750	3600	45000
80	1260	6400	100800
$E_x=212$	$E_{y_x}=2830$	$1X^2=72144$	$E_{x y_x}=171240$

Искомая эмпирическая формула, выражающая приближенную зависимость мощности от скорости, получена в виде:

$$y = 16,24 x - 122,67, \quad (4)$$

Вычислим координаты точек по эмпирической формуле и построим сглаживающую прямую (рис. 1). Эмпирическая ломаная линия регрессии и сглаживающая прямая лежат приблизительно в одной области значений. Применим критерий Вилькоксона [3] для проверки гипотезы принадлежности двух выборок одной и той же генеральной совокупности. Заключим выборки случайных величин  $Y_3$ , и  $Y_p$  в таблицу 2 в виде вариационных рядов:

$$Y_{31} < Y_{32} \dots < Y_{3m}$$

$$Y_{p1} < Y_{p2} \dots < Y_{pn}$$

Таблица 2

Выборки случайных величин  $Y_3$ , и  $Y_p$

Метод	1	2	3	4	5
$Y_3$	120	200	500	750	1260
$Y_p$	72	202	527	851	1176

где  $Y_3$  – значение параметра, полученное при эксперименте;

$Y_p$  – расчетное значение по эмпирической формуле.

Нулевая гипотеза  $H_0$  заключается в равенстве функций распределения  $F(Y_3) = F(Y_p)$ . Альтернативная гипотеза  $H_1$  формируется в виде неравенства  $F(Y_3) < F(Y_p)$ .

Критерий Вилькоксона основан на распределении общего числа инверсий и для его подсчета расположим значения  $Y_3$ , и  $Y_p$  в возрастающей последовательности (таблица 3).



Распределение общего числа инверсий

$Y_p$	$Y_3$	$Y_3$	$Y_p$	$Y_3$	$Y_p$	$Y_3$	$Y_p$	$Y_p$	$Y_3$
72	120	200	202	500	527	750	851	1176	1260

Число инверсий для  $Y_3$ :  $u=12$ ?

Математическое ожидание находим согласно формуле [4], значение  $m_u=12,5$ .

При уровне значимости  $p=0.05$  критическими значениями для нулевой гипотезы будут

$$\begin{aligned} u &\leq m_u - 1.96\sigma_u, \\ u &\geq m_u + 1.96\sigma_u, \end{aligned} \quad (5)$$

где  $m_u$  – математическое ожидание;

$\sigma_u$  – дисперсия.

Критическая область значений инверсий  $]-\infty; 4,01] \cup [20,98; +\infty[$ .

Гипотеза  $H_0$  не отвергается, если число инверсий не попадает в критическую область. Число инверсий, равное 12, не попадает в критическую область, и поэтому можно считать разницу между сравниваемыми ломаной и прямой статистически незначимой. Следовательно, зависимость  $N$  от окружной скорости приводного вала имеет линейный характер.

Статистическая обработка остальных результатов электротехнических испытаний проведена по этой же методике.

Находим графики сглаживающих прямых в одних декартовых координатах (рис.2), используя данные испытаний при интенсивности распределенной нагрузки в жале валов  $q=0$ . Определим зависимость потребной мощности от линейной скорости приводного вала при разных значениях его диаметра.

Построим графики зависимостей потребной мощности от линейной скорости (при разных значениях интенсивности распределенной нагрузки в жале валов) и интенсивности распределенной нагрузки в жале валов (при разных значениях линейной скорости приводного вала диаметром 210мм) (рис.3 и 4).

На основании данных, полученных по результатам экспериментов, строим график зависимости мощности  $P$  от диаметра приводного вала (рис.5).

Возьмем значения потребной валковым модулем мощности при интенсивности распределенной нагрузки  $q=0$  и линейной скорости приводного вала  $V=80$ м/мин.

Получаем ломаную, сглаживающей для которой будет гипербола с уравнением

$$y = \frac{c}{x-a} + b \quad (6)$$

Используем метод замены переменных [3], что бы привести зависимость к линейной

$$y = cx' + b \quad (7)$$

где  $y = \frac{1}{x-a}$

С учетом результатов экспериментов и расчетов коэффициентов по формулам (2 и 3) получаем:

$$y = \frac{6234.87}{x-200} + 594.41$$

Проверка по критерию Вилькоксона показала, что разницу между сравниваемыми ломаной и гиперболой можно считать статистически незначимой. Следовательно, зависимость потребной мощности от диаметра приводного вала имеет криволинейный характер. График функции, описывающей характер зависимости, близок к гиперболе.

Таким образом, для исследования характера зависимости потребной мощности от технологических факторов целесообразно использовать метод наименьших квадратов. Установлено, что зависимости мощности от интенсивности нагрузки и линейной скорости имеют линейный характер, а от диаметра приводного вала - криволинейный характер.

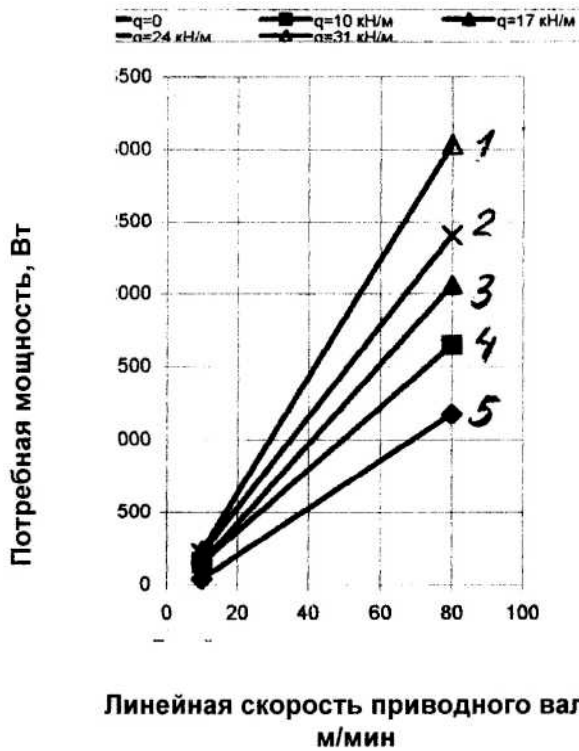


Рис.2. Зависимость потребной мощности от линейной скорости приводного вала при  $q=0$ .

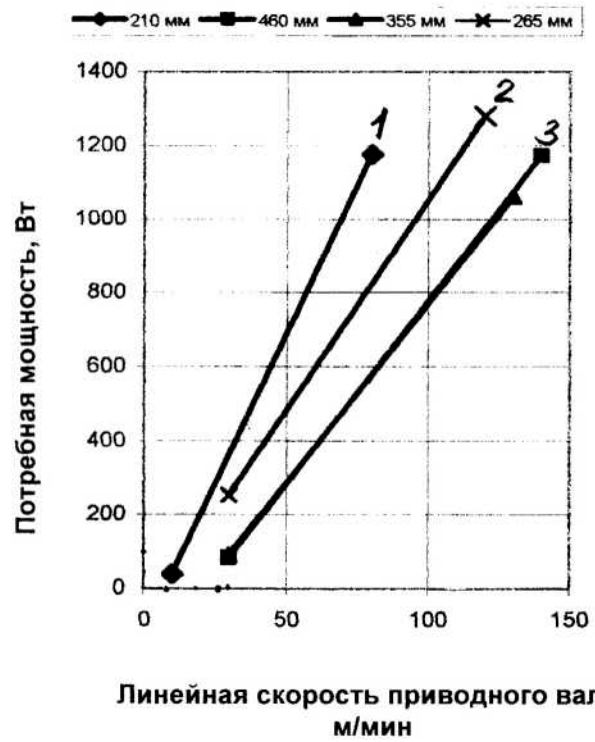


Рис.3. Зависимость потребной мощности от линейной скорости приводного вала.

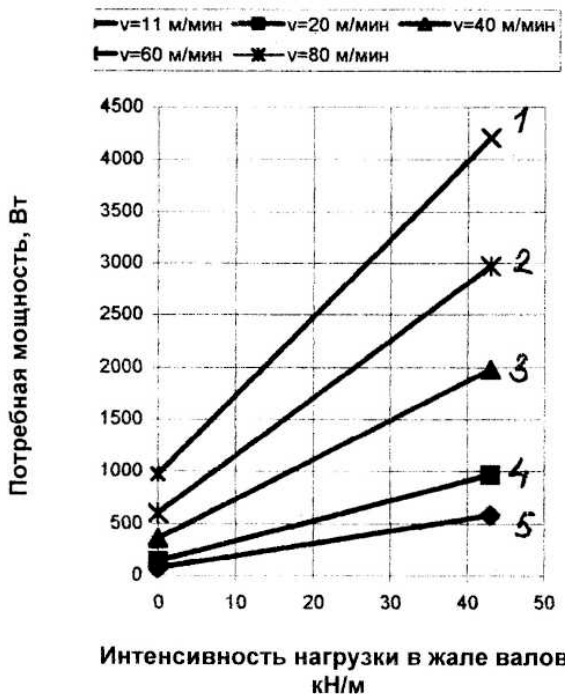


Рис.4. Зависимость мощности от интенсивности нагрузки в жале валов

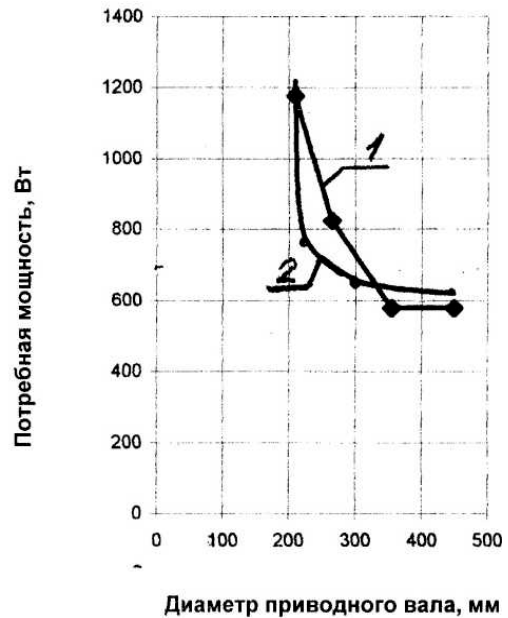


Рис.5. Зависимость потребной мощности от диаметра приводного вала при  $q=0$  и  $v=80$  м/мин

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Л. Удвал, Ю.Г. Фомин. Основные направления снижения энергозатрат на привод валковых модулей // Теория и практика разработки оптимальных технологических процессов и конструкций в текстильном производстве. («Прогресс - 95»): Тезисы докл. межд. научн.-техн. конф. – Иваново, 1995. – С. 169...170.

2. А.М. Быстров, Х.Р. Садыков. Тирсторный электропривод поточных линий отделочного производства. // Изв. вузов. Техн. текс. пром-ти. – 1961. - №3. – С. 124...130.
3. Ю.С. Виноградов. Математическая статистика и её применение в текстильной промышленности. М.: Легкая индустрия, 1970. 326 с.
4. И.Н. Бронштейн, К.А. Семендяев. Справочник по математике. М.: Наука, 1967. 608 с.

УДК 677.072.611.

## **ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ КРУТИЛЬНОГО УСТРОЙСТВА С ШАРИКОВОЙ НАСАДКОЙ**

### **OPTIMIZATION OF THE TWISTING DEVICE WITH A BALL HEAD**

З. Эркинов, А. Атаханов, Н. Одилхонова  
Z. Erkinov, A. Ataxanov, N. Odilxonova

Наманганский инженерно – технологический институт (Узбекистан)  
Namangan engineering technological institute (Uzbekistan)  
E-mail: zokirshoh\_77@mail.ru,

**В статье приведены результаты и проанализированы экспериментальные исследования по оптимизации нового устройства для кручения пряжи. А также, по результатам проведенных теоретических и экспериментальных исследований рекомендованы параметры регулировки устройства для кручения пряжи по выработке разных ассортиментов крученой пряжи.**

**Ключевые слова:** крутка; крученая нить; оптимизация; эксперимент; веретено; двойное кручение; ассортимент; неровнота; устройство.

**The results of experimental studies and analyzes to optimize the new device for the twisted yarn. And also, according to the results of theoretical and experimental studies are recommended settings for device adjustment twisted yarn to develop different assortments twisted yarn.**

**Keywords:** twist; twisted yarn; optimization; experiment; spindle; double torsion; range; a factor, device.

Текстильные материалы вырабатываются из высококачественной одиночной и крученой пряжи, выработанной с помощью новой техники и технологии. Известно, что крученая пряжа вырабатывается из нескольких одиночных или монопнитей, путём сложения и придания им необходимой прочности путём кручения.

При производстве крученых изделий посредством кручения создают разнообразные структуры нитей. В тоже время процесс кручения является одним из самых трудоёмких в производстве кручёной пряжи. Поэтому вопросу совершенствования техники и технологии крутильного производства, а также ниточного производства уделяется большое внимание, как в республике, так и за рубежом.

На сегодняшний день на текстильных предприятиях республики для выработки крученой пряжи используются машины двойного кручения зарубежных фирм. Несмотря на высокую производительность у машин двойного кручения имеются недостатки:

- 1) ассортимент крученой пряжи на машине ограничен только двумя сложениями
- 2) неравномерное распространение крутки вдоль пряжи.

Также эти машины реализуются в иностранной валюте. Связи с этим авторами проведены теоретические и экспериментальные исследования по усовершенствованию техники и технологии кручения пряжи.

В исследовательской работе рассмотрены результаты теоретических испытаний и рассчитаны показатели свойств пряжи, выработанных на новом устройстве кручения с шариковой насадкой.

По результатам проведенных теоретических исследований [1] авторами [2] изготовлено устройство для кручения пряжи [3] (Рис.1.) и проведены предварительные эксперименты [4].

На новом устройстве кручения пряжи в полое веретено вставлена насадка, состоящая из втулки с выполненным отверстием, при этом нитепроводящая трубка содержит гнездо, в которое вставлен шарик. Основной работой насадки с шариком является регулировка натяжения нити и равномерное распределение крутки вдоль пряжи.



Рис.1. Устройство для кручения пряжи

Для оптимизации работы насадки проведен полнофакторный эксперимент. Параметры оптимизации:

$Y_1$ - неровнота по распределению крутки вдоль пряжи, %;

$Y_2$ - относительная разрывная нагрузка крученой пряжи, сН/текс;

$x_1$  – масса шарика, гр;

$x_2$ – диаметр внутренней поверхности конуса насадки, мм.

Исследована гипотеза адекватности многофакторной регрессионной модели второго уровня. По результатам предварительных экспериментов для оптимизации рабочих параметров шариковой насадки в определенном порядке обработаны и получены следующие регрессионные уравнения:

- неровнота по распределению крутки вдоль пряжи, %

$$Y_R = 5,9 + 0,36x_1 - 0,28x_2 + 0,89x_1^2 + 0,76x_2^2$$

- относительная разрывная нагрузка крученой пряжи, сН/текс

$$Y_R = 12,8 + 0,47x_1 + 0,37x_2 - 1,28x_1^2 - 1,07x_2^2$$

Так как регрессионные модели были адекватны, они использовались в дальнейших исследованиях.

Для ясности результатов исследований, числовые решения уравнений обработаны с помощью программы Microsoft Office Excel и получены графики зависимости параметров. (Рис. 2 и 3).

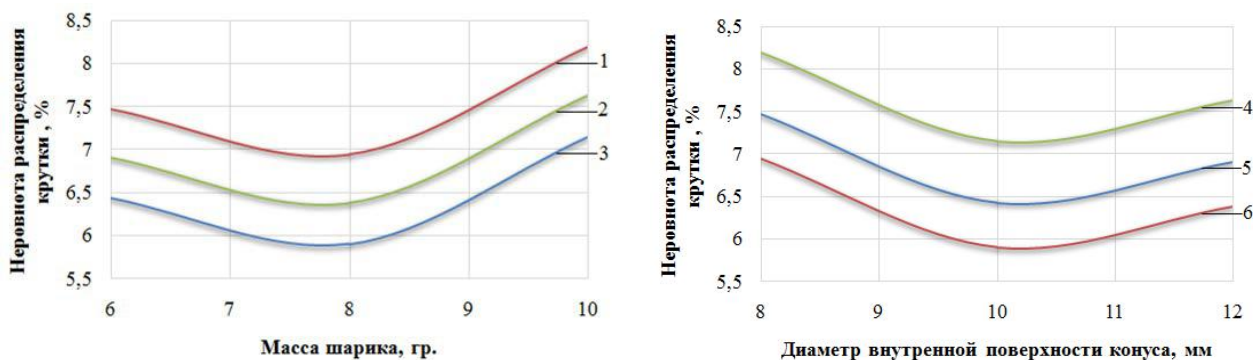


Рис. 2. График зависимости неровноты распределения крутки вдоль пряжи от массы шарика и диаметра внутренней поверхности конуса насадки  
 1 –  $x_2 = 8,0$  мм; 2 –  $x_2 = 12,0$  мм; 3 –  $x_2 = 10,0$  мм.  
 4 –  $x_1 = 10,0$  гр; 5 –  $x_1 = 6,0$  гр; 6 –  $x_1 = 8,0$  гр.

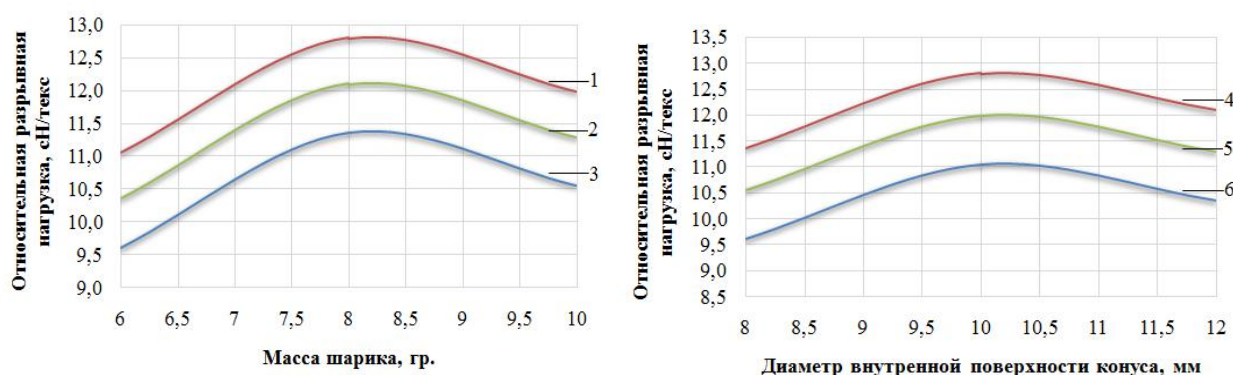


Рис. 3. График зависимости относительной разрывной нагрузки крученой пряжи от массы шарика и диаметра внутренней поверхности конуса насадки  
 1 –  $x_2 = 8,0$  мм; 2 –  $x_2 = 12,0$  мм; 3 –  $x_2 = 10,0$  мм.  
 4 –  $x_1 = 10,0$  гр; 5 –  $x_1 = 6,0$  гр; 6 –  $x_1 = 8,0$  гр.

Из графиков видно, что при массе шарика 8,0 гр. и диаметре внутренней поверхности конуса насадки 10,0 мм., крутка в пряже распределена равномернее чем в других условиях эксперимента. А также, в данных показателях ( $x_1=8,0$  гр.,  $x_2=10,0$  мм) относительная разрывная нагрузка больше чем у остальных.

Качество продукции - это показатель соответствия и пригодности для дальнейшей переработки.

Каждая продукция обладает конкретными требованиями целевых показателей. К основным показателям качества текстильной пряжи относятся линейная плотность, разрывная нагрузка, удлинение при разрыве, кручение и неровнота.

В 5 главе стандарта [5] приведены показатели качества пряжи. В этих нормативных документах приведены следующие показатели для определения качества пряжи: а) структура; состав сырья, линейная плотность, кручение (направление и количество крутки), неровнота, б) характеристика обрыва; в) влажность; г) выносливость; многократное вытягивание, многократный изгиб, истирание; д) количество внешних пороков на поверхности пряжи; е) составные силы при удлинении до разрыва; ж) виды переработки.

Выработка определённого ассортимента пряжи основывается на технических требованиях и государственных стандартах.

Показатель качества пряжи по относительной разрывной нагрузке и коэффициента вариации определяется по следующей формуле:

$$ПК = \frac{P_o}{C_p}$$

где:  $P_o$  - относительная разрывная нагрузка пряжи, сН/текс;

$C_p$  - коэффициент вариации по разрывной нагрузке, %.

По результатам проведенных теоретических и практических исследований на новом устройстве для кручения пряжи, авторами выработаны несколько вариантов крученой пряжи различных ассортиментов.

Исследования физико-механических свойств крученой пряжи проведены на приборах испытательной лаборатории «CENTEX UZ» при Ташкентском институте текстильной и легкой промышленности. Для выработки крученой пряжи использовались однопниточные пряжи линейной плотности 20 и 37 текс, выработанные по кардной системе кольцепрядильным способом на СП «POP-FEN».

Из таблицы-1 видно, что в вариантах 20x3/2, 20x6/1, 20x9/1, 20x9/2, 37x3/1, 37x9/1, 37x12/1 и 37x9/2 крученой пряжи выработанной на крутильном устройстве относительная разрывная нагрузка больше, а коэффициент вариации меньше чем у остальных вариантов и одиночной пряжи. Также, увеличился показатель качества (ПК) выработанной крученой пряжи.

Таблица 1

Свойственные показатели пряжи.

Линейная плотность, текс	Варианты	Номинальное значение крутки, кр/метр	удельная нагрузка сН/текс	CV,%	ПК
20		844	11.27	6.58	1.7
20x3	20x3/1	300	10.41	1.77	5.9
	20x3/2	390	12.24	2.04	4.3
	20x3/3	500	11.11	12.08	0.9
20x6	20x6/1	230	12.41	2.46	5.0
	20x6/2	310	12.95	4.72	2.7
	20x6/3	400	11.91	10.98	1.1
20x9	20x9/1	190	13.06	3.25	4.0
	20x9/2	260	13.03	3.47	3.8
	20x9/3	350	12.70	9.38	1.4
20x12	20x12/1	150	11.30	4.19	2.7
	20x12/2	230	11.68	5.52	2.1
	20x12/3	303	11.35	22.54	0.5
37	37	695	14.42	6.15	2.3
37x3	37x3/1	350	16.25	2.54	6.4
	37x3/2	400	16.84	4.44	3.8
	37x3/3	450	14.97	11.13	1.3
37x6	37x6/1	230	15.11	11.29	1.3
	37x6/2	300	16.79	4.52	3.7
	37x6/3	380	16.64	8.11	2.1
37x9	37x9/1	150	16.71	4.64	3.6
	37x9/2	230	17.95	5.04	3.6
	37x9/3	300	16.60	35.4	0.5
37x12	37x12/1	130	17.79	4.12	4.3
	37x12/2	200	17.99	4.99	3.6
	37x12/3	260	17.10	32.2	0.5

Исходя из результатов исследований, можно рекомендовать параметры регулировки устройства для кручения пряжи по выработке разных ассортиментов крученой пряжи (таблица-2).

Рекомендация по регулировке устройства для кручения пряжи  
по выработке разных ассортиментов крученой пряжи

№	Линейная плотность пряжи	Тонкие 5÷11,8 текс	Средние 14÷50 текс	Грубые выше 50 текс
	Показатели			
1.	Число сложений	3÷32	3÷12	3÷9
2.	Масса шарика, гр	8,0	8,0-9,0	9,0-12,0
3.	Диаметр внутренней поверхности конуса, мм	9,0	9,0	11,0
4.	Диаметр шарика, мм	6,0	6,0	7,0
5.	Скорость вращения крутильного веретена, мин <sup>-1</sup>	3000	3000	3500

По результатам проведенных теоретических и экспериментальных исследований можно сделать следующие выводы:

авторами изготовлено устройство для кручения пряжи и проведены предварительные эксперименты по выработке крученой пряжи разных ассортиментов;

по результатам полнофакторного эксперимента выявлено, что для равномерного распределения крутки вдоль пряжи и для получения пряжи с повышенной относительной разрывной нагрузкой, шарик должен иметь массу 8,0 гр. и диаметр внутренней поверхности конуса насадки 10,0 мм.;

по проведенным экспериментам на устройстве для кручения пряжи разных ассортиментов установлены оптимальные числа кручений: для пряжи 20x3 текс крутка должна быть 400 кр/метр, для 20x6 текс 310 кр/метр, для 20x9 текс 200-250 кр/метр, для 20x12 текс 150 кр/метр, для 37x3 текс 350 кр/метр, для 37x6 текс 300 кр/метр, для 37x9 текс 150-230 кр/метр и для 37x12 текс 130 кр/метр.

Обобщая результаты проведенных теоретических и экспериментальных исследований рекомендованы параметры регулировки устройства для кручения пряжи по выработке разных ассортиментов крученой пряжи.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Жуманиязов К., Мардонов Б., Эркинов З., Парпиев Х. Определения закона движения шарика, регулирующего равномерное распределение крутки вдоль пряжи / Изв.ВУЗов. Технология легкой промышленности. – Санкт Петербург, 2016. -№3. С. 27-30.
2. Эркинов З., Парпиев Х., Мелибоев У., Азизов И. Устройство для кручения пряжи / Перспективные изобретения и полезные модели Республики Узбекистан. -ПВРУз. 2011г. - №2. С. 196-197.
3. Erkinov Z., Jumaniyazov K., Parpiyev H., Fayzullayev Sh. The influence technological parameters on the physical and mechanical properties twisted yarn / European science review. - Austria, Vienna. 2016. -№5-6. P. 206-209.
4. Эркинов З. Пишитилган ип ишлаб чиқариш учун янги курилма конструкцияси / Тўқимачилик муаммолари. –Тошкент, 2016 й. -№2. 35-39б.
5. ГОСТ 4.8-2003. Система показателей качества продукции. Пряжа хлопчатобумажная и смешанная / - Москва: Стандартинформ, 2005-С.11.

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОТЖИМА  
В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИНАХ БЫТОВОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

**IMPROVEMENT OF PROCESS OF EXTRACTION OF TECHNOLOGICAL  
MACHINES FOR HOUSEHOLD PURPOSES**

С.А. Гончарова, А.А. Тувин, Ю.Г. Фомин  
S.A. Goncharova, A.A. Tyvin, U.G. Fomin

Ивановский государственный политехнический университет  
Ivanovo State Polytechnical University, Ivanovo, Russian Federation  
E-mail: Smirnova\_Svetic@mail.ru, fma@ivgpu.com

**Статья посвящена исследованию процесса отжима в технологических машинах бытового назначения, на примере стиральных машин барабанного типа. Предложена методика комбинированного отжима и частичной сушки изделий с использованием горячего воздуха**

**Ключевые слова: отжим; стиральная машина барабанного типа**

**The article is devoted research of process of extraction of technological machines for household purposes, for example washing machines of drum type. The proposed method of combined extraction and partial drying using hot air**

**Keywords: the spin cycle; the washing machine drum type**

В стиральных машинах барабанного типа, благодаря их особенностям существует возможность программного управления процессом стирки и выполнения в одном моющем баке-барабане процессов замачивания, перемешивания, полоскания, сушки и отжима обрабатываемого материала. Отжим является заключительным этапом в обработке текстильных изделий

В работе [1] стиральная машина барабанного типа снабжена форсунками [6], расположенными в ряд параллельно оси вращения барабана [3], к которым подается моющий раствор с помощью гидронасоса [8]. (Рис. 1) Форсунки закреплены на цилиндрической поверхности бака [2] симметрично с двух сторон относительно вертикальной плоскости, проходящей через ось вращения на заданной высоте (0,5 – 0,9 диаметра барабана), причем выходные отверстия форсунок ориентированы вниз под углом 10 - 90° к горизонтали, а часть отверстий на барабане у основания гребней [4] выполнена овальной формы и расположена в ряд параллельно вершинам гребней на расстоянии, равном промежутку между форсунками, так что при вращении барабана сопла форсунок бака и отверстия барабана кратковременно совмещаются, при этом стиральная машина снабжена датчиком совмещения отверстий форсунок и рабочих отверстий перфорированного барабана, выходной сигнал с которых передается в систему управления, кратковременно открывающую сопла форсунок с учетом направления вращения барабана.



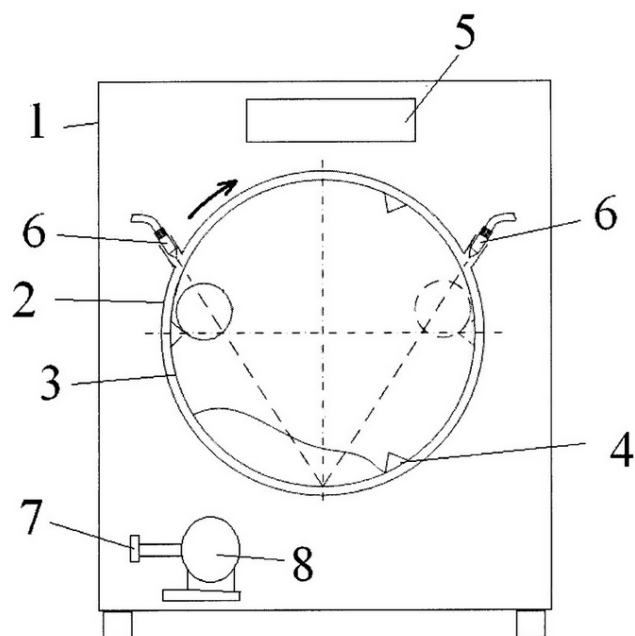


Рис. 1 Стиральная машина барабанного типа

Форсунки, предназначенные для улучшения гидродинамического воздействия на белье и сокращения время стирки, предлагается использовать и на этапе отжима. При этом процесс отжима и процесс сушки совмещаются в один режим.

Для этого устанавливается второй ТЭН для нагрева воздуха, нагнетаемого вентилятором в барабан через форсунки путем специального воздуховода с регулирующим клапаном. Такая методика позволяет снизить остаточную влажность белья и сократить время отжима. После слива воды и распределения белья по обечайке барабана срабатывает датчик и через форсунки подается горячий воздух, одновременно осуществляется процесс центробежного отжима. При этом не обязательно совмещение отверстий барабана и сопел форсунок (как при стирке), горячий воздух будет поступать во вращающийся барабан через его перфорацию.

За счет такого комбинированного отжима сократится время операции, снизится остаточная влажность, а также будет достигаться снижение сминаемости текстильных материалов за счет воздействия струй воздуха. К тому же использование такого режима позволит сократить процесс сушки и время восстановления обрабатываемого изделия.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Патент на изобретение 2412289 Российская Федерация, МПК D06F37/26 Стиральная машина барабанного типа/Лемешко М.А. и др. С. – Оpubл. 20.02.2011 Бюл. № 5.
2. А.А. Тувин, Р.В. Шляпугин//Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2011. - №2. – с.83-87.
3. В.Г. Фетисов, С.Н. Алехин, Ю.Г. Фомин, С.П. Петросов//Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2014. - №1. – С.146-150.

## ВЛИЯНИЕ МИКРОНЕЙРА ХЛОПКОВОГО ВОЛОКНА НА КАЧЕСТВО ПРЯЖИ

### MICRONAIRE COTTON FIBER AND ITS INFLUENCE ON YARN QUALITY

Х. Парпиев, С. Тожимирзаев, З. Эркинов, Д. Парпиев  
X. Parpiyev, S. Tojimirzayev, Z. Erkinov, D. Parpiyev

Наманганский инженерно – технологический институт (Узбекистан)  
Namangan engineering technological institute (Uzbekistan)  
E-mail: zokirshoh\_77@mail.ru, parhabib@mail.ru

В статье приведен анализ одной из наиболее важных характеристик хлопкового волокна микронейр, перерабатываемого на предприятиях Наманганской области (Узбекистан), описание, порядок и технических средств для его измерения. А также, исследовано влияние микронейра на физико-механические показатели пряжи вырабатываемой на прядильной фабрике ИП ООО «HAIN TEX».

**Ключевые слова:** микронейр, пряжа, кольцепрядильная машина, волокно, линейная плотность, зрелость волокна, измерительные приборы, «SOSSNA», «USTER», HVI, AFIS PRO, MICRONAIR KMA.

The article presents an analysis of one of the most important characteristics of the cotton fiber-micronaire, micronaire measurement and measurement system, these tests measure micronaire of cotton in recent years, developed cotton factories in Namangan region. In addition investigated the influence of micronaire on the physico-mechanical characteristics of the yarn, which is produced at spinning mill factory called JV LLC «HAIN TEX».

**Keywords:** micronair; spinning machine; yarn; fiber; linear density; fiber maturity; measuring instruments of foreign; «SOSSNA»; «USTER»;HVI; AFIS PRO; MICRONAIR KMA.

Микронейр (micronaire) является одной из наиболее важных характеристик волокна для процесса прядения и классификаторов международной торговли хлопка. Микронейр это показатель воздухопроницаемости волокна и рассматривается он как показатель тонины (линейной плотности, mtex), так и зрелости волокна (степень развития целлюлозной стенки). Измерение микронейра основано на принципе прохождения воздушного потока через волокно. Образец волокна 3,24 граммов вводится в канал воздушного потока. Чем тоньше и более незрелые волокна, тем выше сопротивление к воздушному потоку. Величина микронейра влияет на качество пряжи и на целый процесс прядения [1].

Низкое значение микронейра приводит к возникновению проблем в процессе прядения, но наряду с этим низкое значение микронейра могут показать также и тонкие волокна с требуемой зрелостью. Волокна с высоким микронейром, имеющие требуемую тонины и хорошую зрелость могут быть неприемлемы, так как волокна с высоким показателем микронейра считаются грубыми. Эти волокна нежелательны в процессе выработки пряжи низких линейных плотностей, так как они приводят к ухудшению равномерности и других показателей качества пряжи.

**Объекты и методы исследования.** Тонина обычно выражается как гравиметрическая тонина или линейная плотность (области стены неизменчивы), и зрелость выражена как коэффициент зрелости. Для измерения тонины и зрелости волокна применяется измерительная система Shirley Developments Limited Fineness и Maturity Tester (FMT). В настоящее время на прядильных предприятиях Узбекистана для определения тонины волокна используют более совершенные измерительные приборы зарубежных фирм, такие как «SOSSNA», «USTER». Широкое применение получили измерительные комплексы USTER HVI и USTER AFIS PRO 2, MICRONAIR KMA, которые для планирования

прядельных режимов позволяют быстро, объективно, более точно оценить показатели физико-механических характеристик хлопковых волокон.

Следует учесть, что, теоретическому и экспериментальному исследованию показателя микронейр в научных источниках уделено мало внимания.

Проведённый нами статистический анализ и данные испытаний хлопкового волокна региональным УЦ «Сифат» показывают тенденцию увеличения за последние годы качественного показателя микронейр хлопкового волокна перерабатываемого хлопкозаводами Наманганской области селекции: Наманган-77, С-6524, Андижан-35, Омад и Бухара-108. Аналогичную картину можно наблюдать во всех регионах Узбекистана (Рис.1).

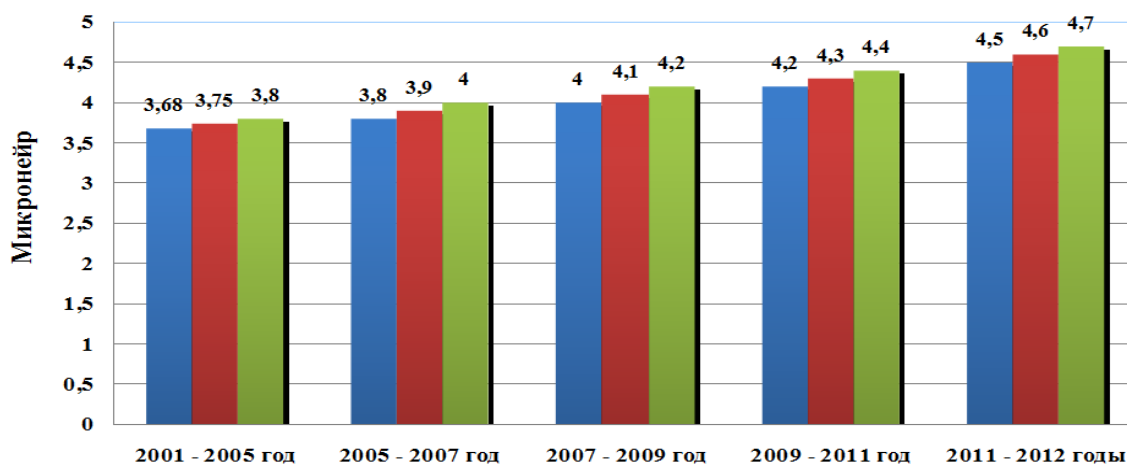


Рис.1. Изменение среднего показателя микронейр хлопкового волокна за период 2001-2012 года

Значение микронейр колеблется в пределах от 3,2 и 5,9 [2]. В большинстве случаев на прядельные фабрики рекомендуется хлопковое волокно микронейром от 3,8 – 4,2. В мировой практике культивируется, и удачно перерабатываются волокна с микронейром более широкого диапазона (таб.1).

Таблица 1

Диапазон величины качественного показателя хлопка волокна - микронейр

№	Микронейр	Описание значений
1	< 3,0	очень тонкий
2	3,0 до 3,9	тонкий
3	4,0 до 4,9	средний
4	5,0 до 5,9	грубый
5	> 6,0	очень грубый

Между значением микронейр и тонины (mtex) имеется следующая зависимость:

$$T = \frac{Mic}{25,4}$$

где:  $T$  – тонины, текс,  $Mic$  – значение микронейра волокна.

При проектировании пряжи и подбора сортровок необходимо уделить особое внимание значению микронейр. Пряжа с высоким показателем микронейр имеет малое количество волокон в своем поперечном сечении, что впоследствии приводит к ухудшению

качественных показателях. Количество волокон в сечении пряжи определяют по следующей формуле:

$$n = \frac{5314,87}{Mic \cdot 0,354 \cdot N_e}$$

где: *Mic* – значение микронейра волокна, *Ne* – английский номер пряжи.

Таблица 2

Среднее число волокон в сечении кольцепрядильной пряжи  
разной линейной плотности

Микронейр / Micronaire	Среднее число волокон в сечении пряжи (шт)		
	Линейная плотность пряжи, текс (Ne – английский номер пряжи)		
	20 (Ne30')	25 (Ne24')	29 (Ne 20')
3,6	138,8	173,6	208,3
3,7	135,1	168,9	202,7
3,8	131,5	164,5	197,3
3,9	128,2	160,2	192,3
4,0	125,0	156,2	187,5
4,1	121,9	152,4	182,9
4,2	119,0	148,8	178,5
4,3	116,3	145,3	174,4
4,4	113,6	142,0	170,4
4,5	111,1	138,9	166,6
4,6	108,6	135,9	163,0
4,7	106,4	133,0	159,6
4,8	104,1	130,2	156,2

Исследование показало что, при выработке пряжи из тонких волокон неровнота пряжи по линейной плотности уменьшается (рис.2).

Теоретическую неровноту пряжи можно вычислить по следующей формуле предложенной исследовательским центром (SITRA) Южной Индии:

$$U^2 = 21,5 \cdot \frac{Mic}{M \cdot L} \cdot \frac{d-1}{d} \cdot N_e + 4,1(d-1) + U_{r,2}$$

где: *Mic*- значение микронейра волокна, *M* – степень зрелости определённая системой HVI, *L*- средняя верхняя длина 50% (mm) определённая системой HVI, *d*- вытажка на прядильной машине, *Ne*–английский номер пряжи, *Ur*- неровнота ровницы, *U*- неровнота пряжи [3].

Для определения влияния микронейра на физико-механические характеристики пряжи, проведены экспериментальные исследования на прядильной фабрике ИП ООО «НАИН ТЕХ», где использовали хлопковые волокна 4- типа 1-сорта с различными показателями микронейра.

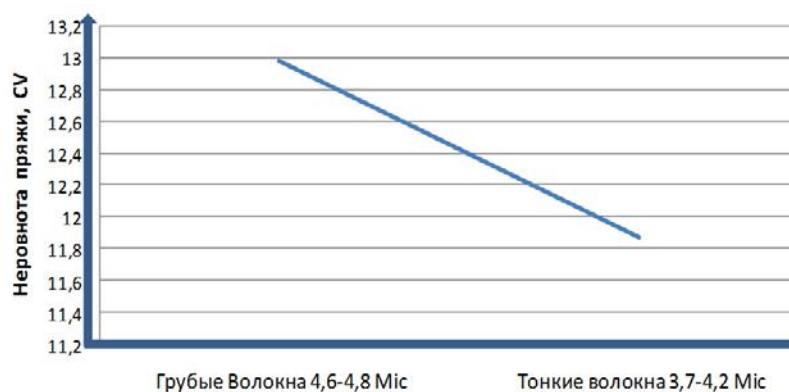


Рис.2. Влияние тонины волокна (micronaire) на ровноту пряжи

Результаты испытаний приведены в таблице 3. Из таблицы видно, что при увеличении показателя микронейра волокна, соответственно увеличиваются коэффициенты вариации по линейной плотности, относительной разрывной нагрузке, удлинению при разрыве, увеличивается неровнота, тонкие и толстые места на пряже. Также наблюдается уменьшение относительной разрывной нагрузки и показателя прочности *Rkm*.

Таблица 3

Физико-механические показатели пряжи из хлопка волокна с различными показателями микронейра

Спецификация пряжи	Обозначения	CSM 2114 B		
		Mic 3,7- 3,9	Mic 4,0 - 4,2	Mic 4,6 -4,8
Real fineness / линейная плотность	текс	20,10	20,25	20,32
CV of fineness / Коэф. вариации по лин. плот.	%	1,72	1,83	2,02
Twist / крутка	кр/метр	782	781	782
CV of twist / Коэф. вар. крутки	%	5,57	6,00	7,57
Breaking force / Разрывная нагрузка	сН	308	314	276
CV of breaking force / Коэф. вариации по разрывной нагрузке	%	6,80	7,45	7,90
Tenacity R km / прочность	сН/текс	15,40	15,72	13,81
Elongation at break / удлинение при разрыве	%	6,10	6,16	4,96
CV of elongation at break / Коэф. вар. удлинения	%	8,50	8,72	9,17
Work to break / работа для разрыва	сН.см	826	823	827
Irregularity / Неровнота	Uster %	11,87	12,40	12,98
Thin places per 10 <sup>3</sup> m (-50%) / тонкие места	шт	6	7	11

Thick places per 10 <sup>3</sup> m (+50%)/ толстые места	шт	130	145	208
Neps per 10 <sup>3</sup> m (+200%) / узелки	шт	189	203	270
Uster hairiness	-	6,20	6,76	8,10

**Выводы.** На основании анализа целесообразное количество волокон в сечении пряжи линейной плотности 20 текс рекомендуется в диапазоне от 119 до 140 шт., при этом неровнота по физико-механическим свойствам снижается. Неровнота пряжи (U%) выработанной из смеси волокон с имеющимися значениями микронейра от 4,3 до 4,8 возрастает на значительную величину.

Увеличение микронейра с 4,3 до 4,8 приводит к повышению неровноты пряжи по следующим свойствам:

- по линейной плотности до 14,85%
- по разрывной нагрузке до 11,6%
- по удлинению при разрыве до 10,1%
- по неровноте U% до 6,2 %.

Для улучшения показателей физико-механических свойств пряжи, наряду с другими показателями, целесообразно при составлении лота большое внимание обратить на значимый показатель микронейра.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. The Classification of Cotton, USDA, USA, 2001. P.14
2. Информационный бюллетень №1, УЦ «СИФАТ» Август -2000. стр. 15.
3. T.V. Ratham, K.P Chellamani «Quality Control in Spinning», Third Revised Edition by SITRA . Coimbatore, INDIA, 1999 p. 145-147

УДК 677.37.08.002.001.5

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАЗРЫХЛЕНИЯ ШЕЛКОВОГО ВОЛОКНА

### CHARACTERISTIC FEATURES OF THE SILK FIBER LOOSENING PROCESS

И.И. Туйчиев, Г.Н. Валиев, У.О. Ахунбабаев  
I.I. Tuychiyev, G.N. Valiyev, U.O. Axunbabayev

Узбекский научно-исследовательский институт натуральных волокон  
(Узбекистан, Маргилан)

Uzbek scientific-research institute of natural fibers (Uzbekistan, Margilan)  
E-mail: margilon\_shoyi@yahoo.com

Проведены исследования и установлены характерные особенности процесса разрыхления шелкового волокна. Для получения холстов по новой технологии из непригодных к размотке дефектных коконов и разрыхления волокна разработана модернизированная конструкция игольчатого волчка. Разрыхление волокна на волчке происходит в две стадии, первая – между приемным валиком и барабаном, вторая – между рабочим валиком и барабаном. Разрыхленный материал с барабана волчка снимается периодически в виде холста. На модернизированную конструкцию игольчатого волчка получен патент Республики Узбекистан № FAP 00590 на «Устройство для переработки непригодных к размотке коконов в холсты».

**Ключевые слова:** кокон; отходы; волокнистая масса; разрыхление волокна; холст; шёлк; модернизация; технология.

Researches were conducted and characteristic features of the process of loosening silk fibers were established. To obtain canvases on the new technology from unsuitable defective cocoons and loosening of the fiber, a modernized needle-top design was developed. Loosening of the fiber on the gyroscope occurs in two stages, the first - between the receiving roller and the drum, the second - between the working roller and the drum. Loose material from the top of the top is removed periodically in the form of a canvas. On the modernized design of a needle top, patent No. FAP 00590 of the Republic of Uzbekistan was received for "Device for processing cocoons unsuitable for unwinding".

**Keywords:** cocoon; waste; pulp; fiber loosening; linen; silk; modernization; technology.

В современный период рыночных отношений актуальными являются проблемы рационального использования сырьевых ресурсов, совершенствования технологического оборудования и разработки новых высокоэффективных ресурсосберегающих технологий переработки их отходов, повышения качества полуфабрикатов и продукции.

В шелководстве, кокономотальном, шелкокрутильном и шелкоткацком производствах образуется значительное количество отходов в виде неподдающихся размотке коконов, волокнистых отходов кокономотания и рвани шелка-сырца. Большая работа в исследовании проблем безотходной технологии переработки натурального шелка проведена проф. Х.А.Алимовой [1, 2].

Массу волокон шелка после первичной обработки, отваривания и сушки, необходимо разрыхлить, распутать пучки волокон, по возможности распрямить их, очистить от остатков куколки, приготовить продукт в виде штапельков определенной длины и массы. Только после такой предварительной обработки сырье можно подвергать чесанию.

Разрыхлительный волчок предназначен для разрыхления пучков волокон. Он работает периодически, расщипывая материал, который затем снимается с барабана машины в виде холста.

Нами была разработана новая технология получения шёлка из непригодных к размотке коконов (одонки, коконный неразмот, дырявые, двойниковые, уродливые, коконы карапачах, затверделые и другие), которая позволяет из коконов и их частей не поддающихся размотке полностью выделить волокно и получить шелковую массу улучшенного качества, в которой волокна имеют более высокую длину, что в свою очередь позволяет в прядильном производстве повысить качество производимой пряжи за счет использования волокнистой массы шелка улучшенного качества и добиться экономии сырья при производстве пряжи в результате сокращения выхода коротких волокон в отходы [3, 4]. При этом последовательно проводят отварку, промывку, отжим, сушку, отделение волокна от куколки, путем воздействия мелкой плавающей игольчатой гарнитурой, и уборку его на уборочное средство [3, 4].

Варку производят до степени вываривания серицина и разрушения оболочки кокона в волокнистую массу, при котором прочность связи элементов структуры оболочки (петель и пакетов) снижается до минимума.

Введение в новую технологию процесса варки коконов в указанных температурно-временных режимах при механическом воздействии на коконы приводит к вывариванию серицина, снижению прочности и разрыву связей между элементами структуры (между петлями и пакетами) оболочки кокона и полному разрушению оболочки кокона в волокнистую массу [3, 4].

Переработка отваренных шелковых отходов по новой технологии включает приготовление холстов на волчке [3]; разрезание волокна в холстах на штапельки; рыхление на трепальной машине с одновременной обработкой волокна антистатиком на выходе из машины.

Для получения холстов по новой технологии из смеси отваренных непригодных к размотке дефектных коконов и разрыхления волокна используют разработанный нами [5] модернизированный волчок типа ВРКВ.

Сущность разработки заключается в том, что в устройстве для переработки непригодных к размотке коконов в холсты, содержащем кожух, барабан с расположенными на его поверхности иглами, питающую решетку, игольчатые валики и круглую щётку, барабан снабжен мелкой игольчатой garniturой, при этом иглы установлены на упругом основании и размещены по винтовой линии.

Диаметр игл предпочтительно удовлетворяет условию  $d = (0,5 \div 1,7) \text{ мм}$ , более предпочтительно  $d = (0,7 \div 1,3) \text{ мм}$ .

Следует отметить, что именно снабжение барабана мелкой игольчатой garniturой, установка её на упругом основании и размещение по винтовой линии, позволяет улучшить захват и сократить обрыв коконной нити, и повысить тем самым степень уноса волокна, повысить параллелизацию волокон и степень их очистки.

Кроме того, иглы размещены с чередующимся шагом винтовой линии, т.е. в шахматном порядке, что способствует повышению выхода холстов путем улучшения условий переработки сгустков волокнистой массы.

Сущность разработки поясняется чертежами, где на рис.1 изображено предлагаемое устройство, рис.2 – вариант выполнения игольчатой garnитуры.

Устройство содержит смонтированный в кожухе 1 барабан 2 с иглами 3, питающую решетку 4, питающий игольчатый валик 5 (рис.1). Над барабаном 2 установлен игольчатый рабочий валик 6, предназначенный для дополнительного разрыхления пучков волокна, с которым взаимодействует круглая щетка 7.

Барабан 2 снабжен мелкой игольчатой garniturой, при этом иглы 3 установлены на упругом основании, выполненном например из нескольких прорезиненных слоёв ткани 8 и слоя резины 9 (рис.2), и размещены по винтовой линии.

Игольчатый рабочий валик 6 может быть снабжен мелкой игольчатой garniturой, при этом иглы установлены на упругом основании и размещены также по винтовой линии (рис. 2).

Диаметр игл предпочтительно удовлетворяет условию  $d = (0,5 \div 1,7) \text{ мм}$ , более предпочтительно  $d = (0,7 \div 1,3) \text{ мм}$ , например диаметр игл  $d = 1,1 \text{ мм}$ .

На шпинделе, между питающим валиком 5 и барабаном 2, установлен нож 11. Для съема волокна с барабана 2 устройство имеет выпускное средство, выполненное в виде выпускного транспортёра 12 или пары выпускных рифлённых цилиндров (на схеме не показаны).

Устройство работает следующим образом.

Порцию варённых коконов настилают равномерным слоем на питающую решетку 4, подающую сырьё к питающему игольчатому валику 5, который подводит волокно под действие игольчатой garnитуры быстро вращающегося барабана 2. Нож 11, установленный между питающим валиком 5 и барабаном 2, задерживает пучки волокон при сходе их с валика.

Перемещением ножа 11 можно изменять разводку между ножом и иглами барабана 2 и тем самым регулировать интенсивность разрыхления.

Щетка 7 снимает волокно с рабочего валика 6 и передаёт его на барабан 2.

Барабан 2 постепенно набирает на свою игольчатую garnитuru всю порцию волокна, образуя холст. После этого машину останавливают, разрезают холст острым крючком по ширине барабана 2 на линии, не имеющей игл. Конец холста заправляют в выпускной транспортер 12, включают их и снимают холст с барабана.

Установленный над барабаном игольчатый рабочий валик предназначен для дополнительного разрыхления пучков волокна. Щетка снимает волокно с рабочего валика и передаёт его на барабан, одновременно углубляя волокно в garnитuru барабана, так как ворс щетки входит в промежутки между иглами барабана и рабочего валика.



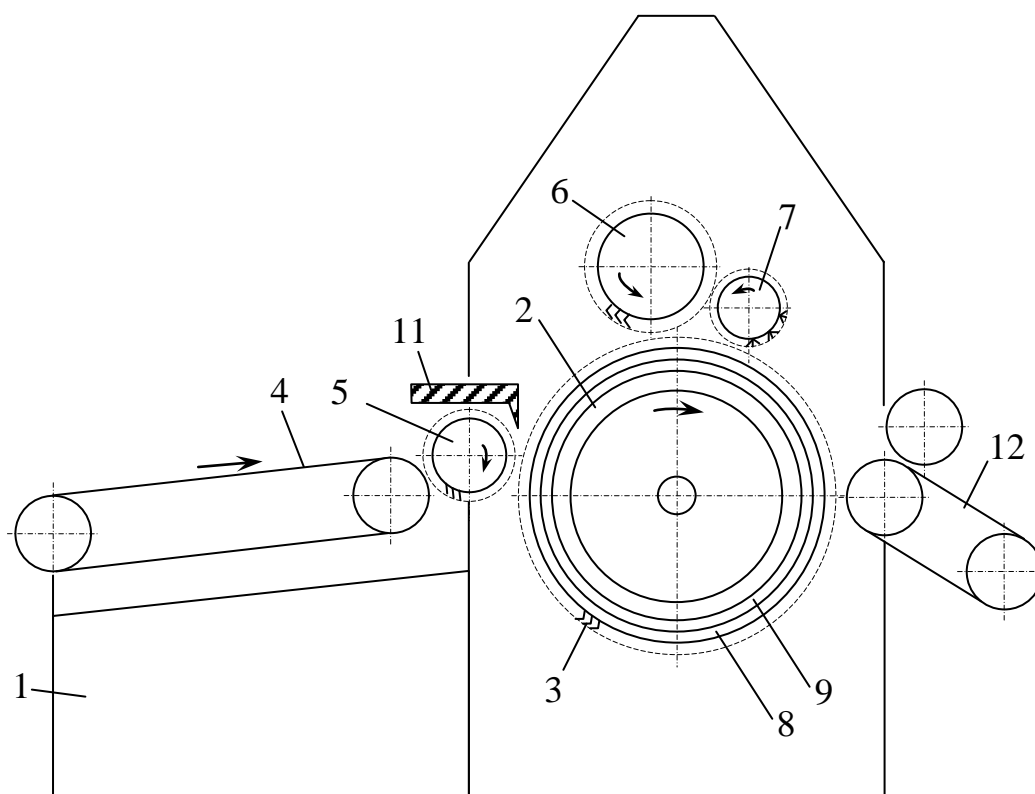


Рис. 1. Модернизированный волчок для переработки непригодных к размотке коконов в холсты

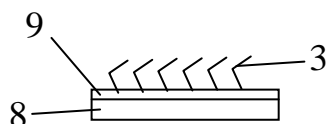


Рис. 2. Вариант выполнения игольчатой гарнитуры

Разрыхление волокна на волчке происходит в две стадии. Первая стадия осуществляется между приемным валиком и барабаном, вторая – между рабочим валиком и барабаном. Степень разрыхления (разрежения) волокна зависит от соотношения окружных скоростей разрыхляющих органов – питающего и рабочего валиков и может изменяться в сравнительно больших пределах при постоянной скорости барабана.

С уменьшением окружной скорости питающего и рабочего валиков степень и интенсивность разрыхления волокна повышаются.

Помимо скоростного режима, на степень и качество разрыхления волокна на волчке влияют параметры настила, а также величина развонок между рабочими органами. С уменьшением веса настила и развонок интенсивность разрыхления также повышается.

Разрыхление шелкового волокна на волчке осуществляется по принципу кардочесания – путем воздействия на материал рабочих органов, снабженных игольчатой гарнитурой.

Как показывает анализ, существенное отличие волчка от валичной кардочесальной машины заключается в способах питания и в том, что разрыхленный материал с барабана волчка снимается периодически в виде холста, в то время как прочес с барабана кардочесальной машины снимается непрерывно в виде ленты.

На разрыхлительном волчке переход волокон с питающего игольчатого валика на барабан и углубление их в гарнитуру барабана с целью получения холста достигается за счет

превышения окружной скорости барабана над скоростями питающего и рабочего валиков, а также благодаря тому, что наклон игла питающего валика совпадает с направлением вращения барабана. Кроме того, углублению способствует также щетка, снимающая волокно с рабочего валика и уплотняющая слой волокна на барабане.

Выход разрыхленного сырья на волчке зависит от режима работы и состояния гарнитуры на этой машине. В случае установки слишком больших развонок, применения большого по весу и неравномерного по толщине настила, плохой работы щетки и плохой гарнитуры на машине может снизиться выход разрыхленного сырья и эффективность процесса.

По результатам работы сделаны следующие выводы:

- проведены исследования и установлены характерные особенности процесса разрыхления шелкового волокна;
- для получения холстов по новой технологии из смеси отваренных непригодных к размотке дефектных коконов и разрыхления волокна разработана модернизированная конструкция игольчатого волчка;
- разрыхление волокна на волчке происходит в две стадии, первая – между приемным валиком и барабаном, вторая – между рабочим валиком и барабаном;
- степень разрыхления волокна зависит от соотношения окружных скоростей разрыхляющих органов – питающего и рабочего валиков и может изменяться в сравнительно больших пределах при постоянной скорости барабана;
- разрыхленный материал с барабана волчка снимается периодически в виде холста, в то время как прочес с барабана кардочесальной машины снимается непрерывно в виде ленты;
- на модернизированную конструкцию игольчатого волчка для получения холстов из смеси отваренных непригодных к размотке дефектных коконов и разрыхления волокна, получен патент Республики Узбекистан № FAP 00590 на «Устройство для переработки непригодных к размотке коконов в холсты» [5].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Алимova X.A. Безотходная технология переработки шелка. – Ташкент: Фан, 1994. – 310 с.
2. Алимova X.A. О проблемах рационального использования отходов переработки коконного сырья // Шелк. – 1992. – № 6. – С. 18-19.
3. Туйчиев И.И., Ахунбабаев У.О., Валиев Г.Н. Способ переработки непригодных к размотке коконов // Патент Республики Узбекистан № IAP 04621. 2012. Бюл. № 12.
4. Туйчиев И.И., Валиев Г.Н., Ахунбабаев У.О. Новая ресурсосберегающая технология получения шелка из непригодных к размотке коконов // Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоёмкие технологии и материалы (SMARTEX – 2015): сборник материалов XVIII международного научно-практического форума (Иваново, 26-29 мая 2015 г.). – Иваново: ИВГПУ, 2015. – 320 с., с. 232-235.
5. Туйчиев И.И., Валиев Г.Н., Ахунбабаев У.О., Эргашев Ю. Устройство для переработки непригодных к размотке коконов в холсты // Патент Республики Узбекистан FAP 00590. – 2010. – Бюл. № 11.

**РАЗРАБОТКА НЕПРЕРЫВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ КРАШЕНИЯ  
СМЕСЕВЫХ ТКАНЕЙ  
НА ОСНОВЕ ХЛОПКОВОГО И ПОЛИЭФИРНОГО ВОЛОКНА**

**THE DEVELOPMENT OF A CONTINUOUS DYEING TECHNOLOGY FOR  
BLENDED FABRICS BASED ON COTTON AND POLYESTER FIBERS**

М.Б. Шамукимова, И.А. Набиева, А.А. Миратаев, Х.А. Эргашева  
M.B. Shamukimova, I.A. Nabiyeva, A.A. Miratayev, H.A. Ergasheva

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

**В статье изучены возможности получения интенсивных и равномерных окрасок при крашении смесевых тканей на основе хлопковых и полиэфирных волокон различного соотношения с использованием комбинации активных и дисперсных красителей. Приведены цветовые показатели образцов, окрашенных по предложенной технологии.**

**Ключевые слова:** хлопок, полиэфирное волокно, активный краситель, дисперсный краситель, смесевой материал, загуститель, едкий щёлочь, кальцинированная сода, поваренная соль.

**In the article the possibilities of obtaining intense and uniformly colors for dyeing blended fabrics on basis of cotton and polyester fibers of various proportions with the use of a combination of active and disperse dyes are studies. The color indices of the samples stained according to the proposed technology are given.**

**Keywords:** cotton, polyester fiber, active dye, disperse dye, blended material, thickener, caustic alkali, calcined soda, salt.

Использование комбинации красителей при крашении материалов из смесевых волокон даёт возможность получения интенсивной и равномерной окраски. При проведении процесса крашения различными классами красителей требуется учесть их совместимости в растворе. При этом обе красители должны сохранять свои красящие свойства в выбранном режиме крашения (температуре, рН среде), образовать прочные связи с волокнами, максимально переходить с красящего раствора в волокна. При использовании комбинации красителей можно применять одно- или двухстадийные способы крашения. В одностадийном способе крашения красители обоих классов находятся в одном красящем растворе, в двухстадийном способе крашения волокна красятся соответственно, сначала в растворе красителя одного класса, затем в растворе красителя другого класса. Кроме этого, присутствие красителя и вспомогательных веществ в составе одного или двух растворов также определяет одно- или двухстадийности процесса крашения.

Для повышения интенсивности технологических процессов, получения экономически выгодных окрасок с одинаковыми колористическими показателями продукции в составе одной партии обычно используют непрерывные способы крашения.

Крашение смесевой ткани из хлопковых и полиэфирных волокон непрерывным одностадийным способом осуществляется следующим образом: Образцы при комнатной температуре пропитывают раствором, содержащим активный и дисперсный красители, мочевины, щелочного агента и манутекса. Затем образцы сушат, термообработывают, последовательно промывают холодной, теплой и горячей водой. В целях удаления нефиксированных в волокне красителей из волокнистого субстрата предпоследний процесс промывки осуществляется в растворе поверхностно-активного вещества. Затем промывают горячей и холодной водой, сушат образцов. В таблице 1 приводятся результаты крашения образцов по двухванному непрерывному способу составом, приведенным в работе [1].

Таблица 1.

## Показатели цвета образцов окрашенных одностадийным непрерывным способом

Образцы, хлопок/ПЭ, %	Показатели окраски				
	интенсивность, %	равномерность, %	чистота, %	прочность, баллы	
				к стирке	к истиранию
75/25	11	1,7	12,54	4/4/3	5/4
57/43	7	1,2	18,96	4/4/4	5/5
44/56	6,5	1,4	16,31	4/4/4	5/5

По данным в таблице видно неравномерная окраска образцов, кроме этого наблюдается снижение интенсивности окраски с увеличением количества полиэфирных волокон в составе смеси. Возможно, причиной образования неравномерных окрасок является наличие едкой щелочи в составе красильной ванны, использованной в качестве щелочного агента. По-видимому, под действием щелочи и мочевины в растворе сорбция на поверхности ткани продукцией взаимодействия дисперсного красителя с хлортриазиновым активным красителем, содержащим гидроксильных и аминогрупп привела к образованию неравномерной окраски хлопковых волокон. Кроме этого сорбция дисперсного красителя в хлопковое волокно при сильно щелочной среде приводит к образованию тусклого тона на поверхности ткани. Режим сушки ткани, пропитанной красящим раствором – также привёл к снижению интенсивности окрасок образцов. Это особенно наблюдается на образцах содержащих 56 и 43% полиэфирного волокна. При сушке влажной ткани сразу при высокой температуре за счёт миграции дисперсного красителя снижается интенсивность окраски полиэфирного составляющего. Для уменьшения миграции красителя можно повысить концентрации манутекса, но считается проблемным управление взаимодействия красителей двух классов в щелочной среде. Процесс крашения можно проводить в слабо щелочной среде, но при этом уменьшается количество связывающегося красителя, что приводит к снижению прочности окраски к стирке. Таким образом, различные требования к красителям и составу красильной ванны, а также сложность подбора совместимых видов красителей различного класса обязывает применения двухстадийного способа крашения.

В связи этими, изучена технология непрерывного двухстадийного способа крашения смесевых тканей на основе хлопкового и полиэфирного волокон различного соотношения смесью активных и дисперсных красителей. При этом активный и дисперсный красители находятся в одном растворе, щелочной агент находится во втором растворе. Тем самым, в щелочной среде достигается уменьшение степени гидролиза активных красителей и взаимодействия красителей различного класса. Известно, что активные красители ковалентно связываются к целлюлозным волокнам, образуя прочные окраски. Но их гидролиз при высокой температуре в щелочной среде приводит к уменьшению фиксированной части красителя, т.е. гидролизованная часть красителя только сорбируется в волокно (не фиксируется), что приводит к уменьшению прочности окраски красителя.

Готовилась суспензия дисперсного красителя с диспергатором и загустителем, суспензию добавляли в раствор активного красителя в смачивателе. Образцы смесевой ткани пропитывались этим раствором, нагретым до 60<sup>0</sup>С. Затем образцы отжимались (65-70%) и высушились. Высушенные образцы ткани проведены через процесс термозолирования при температуре 180-200<sup>0</sup>С, в течение 1 мин.

Термозолированные образцы при комнатной температуре пропитывались раствором, содержащим едкий щелочь, кальцинированную соду и поваренную соль. Образцы отжимались (80%) и запаривались в течение 10-20 мин., затем промывались холодной и горячей водой. Для удаления сорбированного (не связанного) активного красителя образцы обрабатывались в растворе моющего препарата концентрацией 1-2 г/л., затем промывались горячей водой и высушились. Показатели цвета экспериментально окрашенных образцов приведены в таблице 2.

Таблица 2.

Показатели цвета образцов смесевой ткани окрашенных термозольным способом.

Образцы, хлопок/ПЭ, %	Показатели окраски				
	интенсивность, %	равномерность, %	чистота, %	прочность, баллы	
				к стирке	к истиранию
75/25	14	0,7	32,57	5/5/3	5/5
57/43	10	0,9	38,06	5/5/5	5/5
44/56	11	0,8	36,45	5/5/5	5/5

Примечание: концентрация загустителя – 35 г/л,  
концентрация диспергатора – 3 г/л.

Резкое повышение интенсивности окраски связано с образованием целой пленки на поверхности ткани. Покрытие поверхностной структуры пленкой отрицательно влияет на воздухопроводность тканей. Из приведенных данных в таблице видно, что хотя во всех трех образцах равномерность окрасок хорошие, интенсивность окрасок имеют низкие значения.

Алгинатный загуститель в составе красящего раствора служит для предохранения миграции дисперсного красителя при высокой температуре. Из этого следует, что имеется возможность повышения интенсивности окраски повышая концентрацию загустителя в растворе (рис.1.).

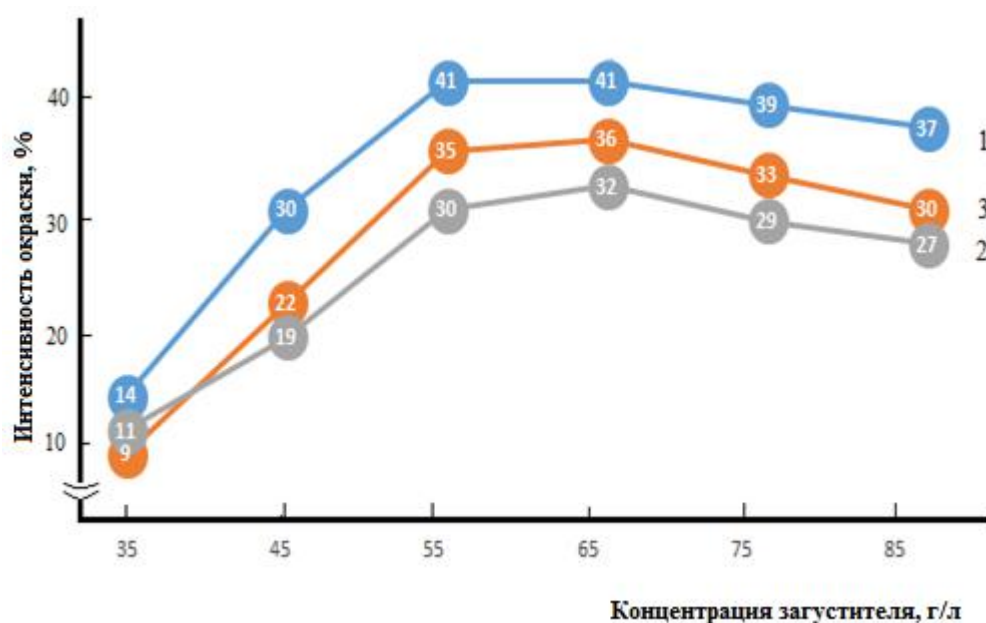


Рис.1. Зависимость интенсивности окраски от концентрации загустителя.  
Хлопок/ПЭ, %: 1-75/25; 2-44/56; 3-57/43.

Из рисунка следует, что с увеличением концентрации загустителя в красящем растворе повышается интенсивность окраски всех трех образцов, но повышение концентрации загустителя более 55 г/л приводит снижению интенсивности окраски. Это объясняется агломерацией красителя с повышением концентрации загустителя (молекулы красителя прилипают друг-другу образуя рыхлые производные). В результате агломерации красителя затрудняется переход молекул красителя из раствора в волокно.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Справочник. Отделка хлопчатобумажных тканей. Под. ред. Б.И.Мельникова., Ч.1. М.: Легпромбытиздат, 1991, 432 с.  
УДК 677.024.

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ СТРОЕНИЯ И ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА НОВЫХ СТРУКТУР КРЕПОВЫХ ТКАНЕЙ

## PARAMETERS OF STRUCTURE AND TECHNOLOGY OF PRODUCTION A NEW STRUCTURE OF CREPE FABRIC

Б.Э. Джураев<sup>1</sup>, Б.К. Хасанов<sup>2</sup>, О.А. Ахунбабаев<sup>3</sup>, М.М. Мирзахонов<sup>3</sup>  
B.E. Djurayev<sup>1</sup>, B.K. Xasanov<sup>3</sup>, O.A. Axunbabayev<sup>2</sup>, M.M. Mirzaxonov<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Совместное предприятие «Bukhara Brilliant Silk» в форме общества с ограниченной ответственностью (Узбекистан, Бухара)

<sup>2</sup>Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности (Узбекистан)

<sup>3</sup>Узбекский научно-исследовательский институт натуральных волокон (Узбекистан, Маргилан)

<sup>1</sup>“Bukhara Brilliant Silk” JV LLC (Uzbekistan, Bukhara)

<sup>2</sup>Tashkent institute of textile and light industry (Uzbekistan)

<sup>3</sup>Uzbek scientific-research institute of natural fibers (Uzbekistan, Margilan)

E-mail: margilon\_shoyi@yahoo.com, mmirzaxonov@list.ru

В данной статье, по результатам проведенных теоретических исследований, определено влияние натяжения основных и уточных нитей и отношения натяжений на строение ткани, а также влияние натяжения нитей на фазу строения ткани. Рассматриваются вопросы проектирования новой структуры креповой ткани. Определены основные параметры строения разработанной ткани. Приводится технология производства креповых тканей из новых структур крученых нитей.

Ключевые слова: шелк сырец; креповая ткань; структура ткани; натяжение нити; фаза строения ткани; технология производства.

In this article, based on the results of theoretical studies, the influence of the tension of warp and weft yarns and the tension ratio on the structure of fabric, as well as the effect of thread tension on the phase of the fabric structure, were determined. The problems of designing a new structure of crepe fabric were considered. The main parameters of the structure of developed fabric are determined. The technology of production of crepe fabrics from the new structures of twisted yarns were given.

Key words: raw silk; crepe fabric; fabric structure; thread tension; phase of fabric structure; production technology.

В современный период актуальными проблемами развития шелковой отрасли являются пополнение рынка новыми конкурентоспособными тканями и изделиями из натурального шелка, расширение ассортимента шелковых тканей, коренное улучшение качества и обогащение ассортимента шелковых тканей, путем разработки и освоения их новых структур с улучшенными качествами.

В ассортименте шелковых тканей основное место занимают креповые ткани классического ассортимента типа креп-дешин, креп-шифон, креп-жоржет и др. Креповые ткани вырабатывают из креповой нити в утке, в основе – креповой или нитей полой крутки. Эти ткани имеют более или менее выраженный мелкозернистый креповый эффект.

Как известно, в ткани нити основы и утка находятся под определенным натяжением. Натяжение нитей оказывает влияние не только на процесс формирования ткани, но и на строение ткани. Чем меньше натяжение нити тем больше её изгиб под воздействием внешних сил, то есть больше уработка.

Проведём анализ влияния натяжения нитей на фазу строения ткани. При этом допустим, что фаза строения ткани зависит от величины изгиба нитей.

Способность нитей оказывать сопротивление к изгибающим силам называется жёсткостью нити на изгиб и зависит от натяжения нити:

$$A_{т,а} = 0,01 \cdot T_{т,а} \cdot d_{т,а}^2 \quad (1)$$

где:  $T_{т, а}$  - натяжение нитей основы и утка в ткани, сН;  $d_{т, а}$  – диаметр нитей, мм.

Для осуществления расчетов примем следующие значения, отраженные в таблице 1.

Таблица 1

Основные показатели ткани

№	Показатели	Ед. Изм.	Значение
1	Линейная плотность нити основы	текс	2,33x2x2
2	Линейная плотность нити утка	текс	2,33x2x2
3	Плотность ткани по основе	н/дм	246
4	Плотность ткани по утку	н/дм	214
5	Диаметр нитей основы и утка	мм	0,192

Минимальное значение жесткости наблюдается при свободном состоянии нити  $A_{т,а} = 0$ , а максимальное значение при максимальном натяжении, то есть при натяжении равном разрывной нагрузке:

$$A_{\max} = 0,01 \cdot 1,68 \cdot 0,192^2 = 0,00062 \text{ Н} / \text{мм}^2 \quad (2)$$

При изменении натяжения нитей в промежутке 0 – 1,68 Н определим высоту волны изгиба нитей основы и утка, и коэффициент фазы строения ткани по следующим формулам:

$$h_T = \frac{P_T^3 \cdot A_A \cdot (d_T + d_A)}{P_A^3 \cdot A_T + P_T^3 \cdot A_A} \quad (3)$$

$$h_A = \frac{P_A^3 \cdot A_T \cdot (d_T + d_A)}{P_A^3 \cdot A_T + P_T^3 \cdot A_A} \quad (4)$$

$$K_\phi = \frac{h_T}{h_a} \quad (5)$$

При этом сначала принимая натяжение нитей утка неизменным, будем менять натяжение нитей основы [1].

Таблица 2

## Зависимость фазы строения ткани от натяжения нити основы

№	Показатели	Натяжение нити основы						
		0	0,28	0,56	0,84	1,12	1,4	1,68
1	Жесткость нити, $H / мм^2$	0	0,000103	0,000206	0,00031	0,000413	0,000516	0,00062
2	Высота волны изгиба нитей основы, $h_T$	0,384	0,336	0,315	0,289	0,267	0,248	0,234
3	Высота волны изгиба нитей утка $h_A$	0	0,048	0,69	0,95	0,117	0,136	0,15
4	Коэффициент фазы строения ткани, $K_\phi$	$\infty$	7	4,56	3,04	2,28	1,82	1,57
5	Фаза строения ткани	IX	VIII	VII- VIII	VII	VI- VII		

Как видно из таблицы 2, при минимальном значении натяжения нити основы высота волны изгиба нитей утка равняется нулю и образуется IX- фаза строения ткани. По мере увеличения натяжения нити основы высота волны изгиба нитей утка увеличивается и строение ткани приближается к V- фазе [2].

При неизменном натяжении нитей основы получили результаты приведенные в таблице 3.

Таблица 3

## Зависимость фазы строения ткани от натяжения нити утка

№	Показатели	Натяжение нити утка						
		0	0,28	0,56	0,84	1,12	1,4	1,68
1	Жесткость нити, $H / мм^2$	0	0,000103	0,000206	0,00031	0,000413	0,000516	0,00062
2	Высота волны изгиба нитей основы, $h_T$	0	0,068	0,125	0,166	0,193	0,214	0,234
3	Высота волны изгиба нитей утка $h_A$	0,384	0,316	0,259	0,218	0,191	0,17	0,15
4	Коэффициент фазы строения ткани, $K_\phi$	0	0,215	0,482	0,761	1	1,258	1,57
5	Фаза строения ткани	I	II- III	III - IV	IV -V	V	V- VI	V- VI

Как видно из таблицы 3, при минимальном значении натяжения нити утка высота волны изгиба нитей основы равняется нулю и образуется I- фаза строения ткани. По мере увеличения натяжения нити утка высота волны изгиба нитей основы увеличивается и строение ткани приближается к V- фазе [2].

Известно, что на строение ткани наряду с натяжением нитей оказывает влияние и отношение натяжений нитей. В таблице 4 приведена зависимость фазы строения ткани от отношения натяжений нитей.



.Таблица 4

Зависимость фазы строения ткани от отношения натяжений нитей

№	Показатели	Отношение натяжений нитей $T_T / T_a$						
		0	0,25	0,5	0,75	1	1,25	1,5
2	Высота волны изгиба нитей основы, $h_T$	0,384	0,329	0,289	0,256	0,234	0,211	0,193
3	Высота волны изгиба нитей утка $h_A$	0	0,055	0,095	0,128	0,150	0,173	0,191
4	Коэффициент фазы строения ткани, $K_\phi$	$\infty$	5,98	3,04	2	1,56	1,22	1
5	Фаза строения ткани	IX	VII - VIII	VII	VI- VII	V- VI	V- VI	V

Как видно из таблицы 4, по мере увеличения натяжения нитей основы строение ткани приближается к I-фазе.

По результатам проведенных теоретических исследований определено влияние натяжения нитей основы и утка, и отношения натяжений на строение ткани.

Узбекским научно-исследовательским институтом натуральных волокон в сотрудничестве с Совместным предприятием «Bukhara Brilliant Silk» в форме общества с ограниченной ответственностью (Узбекистан, Бухара) разработано и в производственных условиях СП «Bukhara Brilliant Silk» на ткацких станках типа GD 618-145 Китайского производства освоено производство новых структур шелковых плательных тканей креп-жоржет артикул 11005“Б”, в основе крученые нити шелка-сырца – Текс 2,33x4 (№ 429/4) 2200 кр/м правой и левой крутки, в утке крученые нити шелка-сырца – Текс 2,33x4 (№ 429/4) 2200 кр/м правой и левой крутки, поверхностная плотность суровой ткани 80 г/м<sup>2</sup> ±7%. Технологические параметры подготовки основы приведены в таблице 5.

Таблица 5

Технологические параметры подготовки основы

№	Параметры	Ед. Изм.	Величина
1.	Скорость снования	м/мин	60
2.	Скорость навивания на навой	м/мин	40
3.	Натяжение нити	сН	20
4.	Число обрывов	обр/10 <sup>6</sup> м	5
5.	Плотность намотки	г/см <sup>3</sup>	0,68
6.	Число лент	шт	17
7.	Число нитей в ленте	шт	300
8.	Ширина ленты	см	7,89
9.	Номер берда		190
10.	Число нитей пробираемых в зуб берда		2

Таким образом, на основании проведенной работы можно сделать следующие выводы:

1. По результатам проведенных теоретических исследований определено влияние натяжения нитей основы и утка, и отношения натяжений на строение ткани.
2. Узбекским научно-исследовательским институтом натуральных волокон в сотрудничестве с Совместным предприятием «Bukhara Brilliant Silk» в форме общества с ограниченной ответственностью (Узбекистан, Бухара) разработано и в производственных условиях СП «Bukhara Brilliant Silk» освоено производство новых структур шелковых плательных тканей креп-жоржет артикул 11005“Б”.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Хасанов Б.К., Мирзахонов М.М. Проектирование новой структуры креповой ткани // Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоёмкие технологии и материалы (SMARTEX – 2016): сборник материалов XIX международного научно-практического форума (Иваново, 23-27 мая 2016 г.). – Иваново: ИВГПУ, 2016. – Часть 1. – 404 с., с. 333-337.
2. Мартынова А.А., Слостина Г.Л., Власова Н.А. Строение и проектирование тканей. – М.: РИО МГТА, 1999. – 434 с.

УДК 677.03.

## ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВОЛОКОН И НИТЕЙ

### PROPERTIES OF FIBRES AND THREADS

О.Р. Касимов, А.Д. Даминов, Х.А. Алимова, Х.Х. Умурзакова  
O.R.Kasimov, A.D.Daminov, H.A.Alimova, H.H.Umurzakova

Ташкентский институт легкой и промышленности (Узбекистан)  
Tashkent institute of textile and light industry (Uzbekistan)  
E-mail: umurzakova\_h@mail.ru,

В статье приводятся результаты исследования основных свойств волокон, нитей и пряжи. На рисунках показаны доля, составляющих общей деформации. Обоснованы целесообразности производства бикомпонентной пряжи с учетом рациональной доли компонентов, влияющих на улучшение их характеристик.

**Ключевые слова:** хлопок; шерсть; шелк; прочность; волокон; пряжа; нить; ткань; деформация;

In article are given results of research of the basic properties of fibers, threads and yarn. In figure are shown a share, components of the general deformation. Are substantiated expediency of manufacturing bicomponent yarn taking into account a rational share of the components, influencing improvement to their characteristics.

**Keywords:** a clap; a wool; silk; strength; fibers; a yarn; a thread; a fabric; deformation.

В основных направлениях экономического развития Узбекистана на ближайшую перспективу в области текстильной промышленности поставлены задачи: прежде всего увеличение переработки сырьевых ресурсов до готовой конкурентоспособной продукции как на внутреннем, так и на внешнем рынках.

Для решения этих задач необходимо исследование свойств волокон, разработка новых способов выработки широкого ассортимента чисто шелковых и смесовых нитей, получение бикомпонентной, поликомпонентной пряжи. На основе изучения топологии строения структуры создать новые виды текстильных полотен, способствующих проектированию современных модных изделий. Основным сырьевым ресурсом Республики является хлопок и натуральный шелк. За годы независимости стали развиваться производство химического волокна.

Анализ мирового производства текстильных волокон показывает, что в балансе сырья из года в год растет доля химических волокон по прогнозу к 2020г составит 65% несмотря на определенный рост производства натуральных волокон их удельная доля уменьшается [1, с.72 ].

Например: если в 1975 г доля хлопка волокна составляла 50% (12,0 млн.тн) то в 2020 году ожидается 25% (25,0 млн.тн); шелка-сырца соответственно 0,20% (50 тыс.тн), ожидается 0,14% (130 тыс.тн).

За счет роста народонаселения и нехватки земельных площадей в мире для выращивания природных волокон (хлопка, шерсти, шелка и др), ограниченности кормовой базы для развития животноводства и шелководства в основном рост их объемов должны осуществляться за счет улучшения селекционной работы и повышения урожайности этих культур [1, с.73].

Эти факты обуславливают необходимость глубокого исследования свойств волокон и разработке новых способов и технологии по выработке смесовых нитей, тканей и трикотажа.

Всем хорошо известно высокие гигиенические свойства хлопка. Натуральный шелк-ценное природное волокно биологического происхождения, обладающее гаммой полезных свойств, в частности, высокой прочностью, гигроскопичностью, антибактерицидными и антисептическими свойствами, блеском, специфическим хрустом и эластичностью [2, с.9-18].

Шерсть в чистом виде или с различными современными добавками широко используется для производства тканей зимнего гардероба, плательных, а также трикотажа. Основная специфика шерсти заключается в том, что она отлично сохраняет тепло.

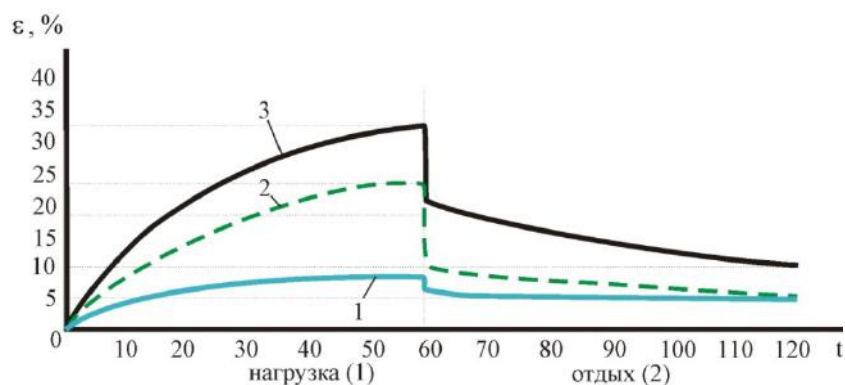
Химическое волокно несмотря на высокие прочностные характеристики, многократно уступает натуральным волокнам по гигроскопическим, гигиеническим свойствам, по этому в чистом виде их практически нельзя использовать для бельевого ассортимента. Результаты проведенного нами исследования основных свойств волокон и нитей приводятся в табл. 1.

Таблица 1

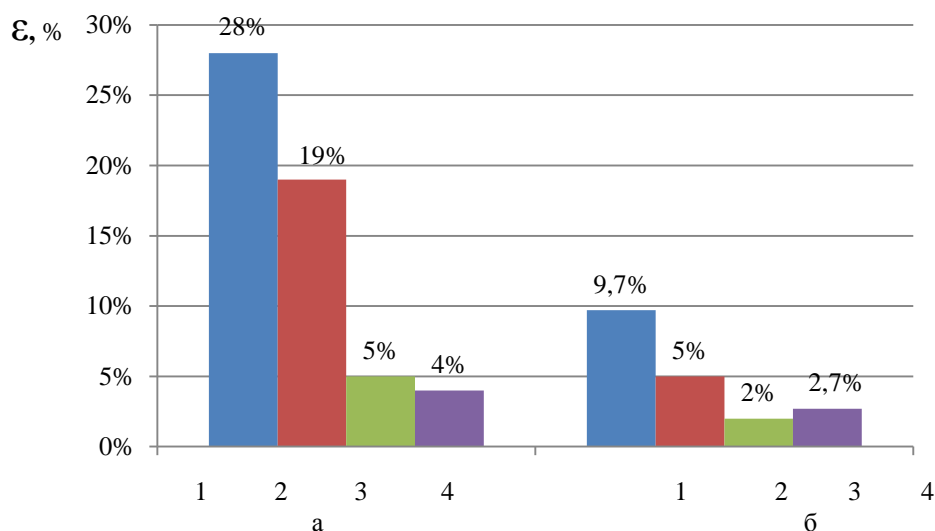
Основные свойства волокон и нитей

Волокно и нити	Объемная плотность г/см <sup>3</sup>	Линейная плотность, текс	Относительная прочность, сН/текс	Относительное удлинение при разрыве, %	Модуль деформации, гПа
<b><u>Волокно:</u></b>					
- хлопок	1,50-1,54	0,15-0,28	20-26	7-11	2,3-2,6
- шелк	1,33-1,35	0,16-0,33	32-40	17-19	5,0-7,0
- шерсть	1,30-1,32	0,33-0,56	10-15	30-36	2,2-2,5
- полиэфир	1,17-1,18	0,33-0,60	20-30	30-38	3,0-4,5
<b><u>Нити</u></b>					
хлопок (пряжа)	1,52-1,56	18,5	9,6	6,9	2,7-3,6
шелк-сырец	1,34-1,36	2,33-4,65	32-40	18-20	7-13
шелк (кручен)	1,35-1,37	12,6-25,0	40-43	22-24	9-15
шерсть (пряжа)	1,31-1,33	25-30,0	7,5-8,0	28-32	3,2-3,7
<b><u>Смесовая пряжа</u></b>					
хлопка (70%)+шелковая (30%)	1,50-1,52	20,0	13,5	9,7	3,9
шерсто (50%)+шелка (20%) + полиэфир (30%)	1,28-1,30	29,0	18,8	28,0	11,2

Анализ табл.1. показывает что, при производстве хлопка (70%) + шелковой (30%) пряжи, её относительная прочность и разрывное удлинение выросли более чем на 40%, по сравнению с чисто хлопчатобумажной пряжей. Выработка пряжи в смеси волокон: шерсть (50%) + шелк (20%) + полиэфир (30%) способствовала росту относительной прочности поликомпонентной пряжи почти 2,4 раза чем чисто шерстяной. Нами также исследованы деформационные свойства нитей (Рис. 1,2)



1-х-б пряжа 18,5 текс; 2- крученая шелковая нить 25,0 текс; 3-шерстяная пряжа 25,0 текс.  
 Рис.1. Кривая деформирования нитей при постоянном напряжении (1) и отдыхе без нагрузки (2).



1-общая; 2-упругая; 3-эластическая; 4-пластическая.

Рис.2. Гистограмма составляющих деформации пряжи: а-поликомпонентный, б-бикомпонентный.

Из рис.1.2. видно что от общей деформации хлопчатобумажной пряжи ее часть составляет почти 70% поэтому изделия из нее имеют высокую сменяемость. Добавление к хлопко-шелковой пряже 30% шелка значительно увеличивает долю упруго эластической составляющей деформации, что улучшает эксплуатационные свойства одежды.

Наличие высоких упруго-эластических свойств натурального шелка в поликомпонентной пряже и удлинение при разрыве шерсти позволяет производить изделия с низкой остаточной деформацией и высокими несменяемыми характеристиками.

По результатам исследования можно сделать выводы, что:

с учетом гигиенических свойств натуральных волокон, а также снижения их доли в общем мировом балансе текстильного сырья целесообразно разработка способов и технологий производства бикомпонентных и поликомпонентных нитей, пряжи, тканей, трикотажа и готовых изделий с рациональным использованием химических нитей как один из компонентов материала.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Алимова Х.А., Гуламов А.Э., Арипджанова Д.У., Ахмедов Ж.А. Мировое производство и потребление текстильного сырья // Ж. Композиционные материалы. 2013. №4. С. 71-74.
2. Алимова Х.А. Безотходная технология переработки шелка. Ташкент. «Фан». АН.РУз. 1994 -310 с.

## **О ПРИМЕНЕНИИ ГЕОТЕКСТИЛЯ ДЛЯ ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ КАНАЛОВ И ВОДОЕМОВ**

### **ON THE APPLICATION OF GEOTEXTILES FOR IMPERVIOUS PROTECTION OF CANALS AND RESERVOIRS**

Р.Р. Аллямов, Е.Н. Никифорова, А.А. Максимов  
R.R. Allyamov, E.N. Nikiforova, A.A. Maximov

Ивановский государственный политехнический университет  
Ivanovo State Polytechnical University  
E-mail: oipivgpu@yandex.ru

**Обозначена основная проблема использования водных ресурсов – масштабные фильтрационные потери воды. Обобщен опыт применения распространенных элементов противofильтрационной одежды: полимерных пленок и геосинтетических материалов. Для борьбы с фильтрацией к широкому применению предложен наиболее подходящий вид геосинтетического материала.**

**Ключевые слова: геосинтетика; противofильтрационная защита; экологическая безопасность.**

**Designated the main problem of water resources – large-scale filtration losses of water. Summarizes the experience of applying common elements impervious clothing: plastic films and geosynthetics. To combat the filtering to the wide application proposed the most suitable type of geosynthetic material.**

**Keywords: geosynthetics; impervious protection; ecological safety.**

Одной из основных проблем при использовании водных ресурсов на территории Российской Федерации, принято считать, масштабные фильтрационные потери воды из водопроводящих систем, либо оросительных каналов, которые за один сезон достигают порядка 90% общих потерь воды. Такие значительные потери воды не только снижают экономическую эффективность каналов, но и нередко приводят к заболачиванию местности, а в горных условиях становятся причиной образования опасных обрушений и селей. В современных условиях главным фактором для повышения эффективности работы оросительных каналов является совершенствование противofильтрационных мероприятий, которые призваны обеспечивать должный уровень экологической безопасности в области защиты грунтовых вод. Противofильтрационные мероприятия для решения обозначенной проблемы выбираются в зависимости от сочетания ряда факторов, в том числе от гидрогеологических условий, протяженности канала, фильтрационных свойств грунта и т.д.

Не менее серьезной проблемой являются экономические затраты на борьбу с фильтрационными потерями. Снижение водопроницаемости грунта очень часто достигают путем заполнения его пор мелкими частицами, иначе говоря, кольматации глиной. Данный способ не только требует серьезных вложений с очень низкой нормой окупаемости, в силу значительного объема земляных работ, и серьезных затрат на транспортировку противofильтрационных грунтовых материалов, но и повышает количество используемых природных ресурсов.

Для борьбы с фильтрацией из каналов и водоемов используются различные противofильтрационные одежды: от морально устаревших – кольматации, уплотнения и т.д. до более современных – облицовок с применением полимерных материалов. Тем не менее, тонкие полимерные пленки в процессе строительства и эксплуатации достаточно легко повреждаются строительными механизмами и объемными составляющими грунтового основания. При этом зачастую количество повреждений настолько велико, что утрачивается весь эффект от использования полимерных пленок в качестве противofильтрационных составляющих. Таким образом, даже использование полимерных материалов в качестве

стабилизированных пленок не привело к обеспечению высокой эффективности и долговечности противофильтрационных мероприятий на оросительных системах в грунтах с высоким коэффициентом фильтрации.

В последние годы появилось и другие конструкции противофильтрационных покрытий, в т. ч. с применением геосинтетических материалов, используемые не только для оросительных сетей, но и накопителей жидких отходов. Использование геосинтетических материалов в конструкциях противофильтрационных покрытий, позволяет минимизировать количество земляных работ и исключить затраты на противофильтрационные грунтовые материалы, в силу отсутствия необходимости в них. Кроме того, использование геосинтетических материалов в конструкциях противофильтрационных покрытий является серьезным шагом к рациональному использованию природных ресурсов, т.к. приведет не только к существенной экономии водных ресурсов, но и к повышению грунтового плодородия за счет исключения вторичного засоления.

К используемым для снижения потерь воды на фильтрацию геосинтетическим материалам относятся синтетические материалы на основе полимеров, применяемые для повышения технических характеристик как грунтов, так и элементов строительных конструкций. Такие материалы способны сохранять прочность даже при больших деформациях, воспринимая значительные растягивающие напряжения, не теряя долговечность, технологичность и экологическую безопасность [1, 2]. Большинство зарубежных стран уже имеют значительный опыт применения геосинтетических материалов для противофильтрационной защиты не только на грунтовых плотинах, но и в различного рода накопителях жидких отходов [3].

Необходимость обеспечения высокой надежности, долговечности и эффективности противофильтрационных покрытий вынуждает более тщательно подходить к виду используемых материалов, учитывать возможные неблагоприятные атмосферные, механические и термические воздействия [4]. Гигроскопичные особенности геотекстиля делают его полотна наиболее подходящими для применения в конструкциях противофильтрационных облицовок, однако способность впитывать воду, с большой вероятностью, приведет к увеличению заявленного в характеристике веса, что может сказаться на сложности работы с данным строительным материалом.

При производстве противофильтрационных покрытий с использованием геотекстиля в качестве противофильтрационного элемента необходимо учитывать технические требования к этому элементу. В результате изучения данных о ползучести и деформационно-восстановительных процессах геосинтетических нетканых материалов [5, 6] и выполненных нами исследований [7, 8] установлено, что наиболее рациональным решением будет использования нетканого геотекстиля (рис.1), изготовленного иглопробивным способом, так как его свойства удовлетворяют техническим требованиям к производству работ с избеганием риска разрывов и других нарушений целостности из-за перепадов веса. Для производства иглопробивных нетканых полотен из синтетических волокон наибольшее применение находят полиамидные, полиэфирные, полипропиленовые волокна.

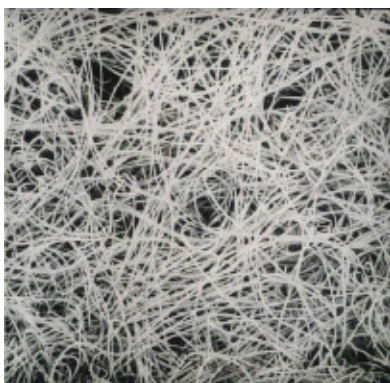


Рисунок 1. Структура геотекстиля

В табл. 1 приведен сравнительный анализ основных требований к физико-техническим свойствам противofильтрационных элементов и усредненных характеристик иглопробивного нетканого полотна (на примере продукции выпускаемой группой компаний «Дорнит»).

Таблица 1

Показатели свойств противofильтрационного элемента

Показатель	Требуемое значение	Геотекстиль «Дорнит»
Плотность, г/м <sup>2</sup>	Не менее 300	456,25
Разрывная нагрузка, кН/м	Не менее 2,0	12,0
Коэффициент фильтрации, м/сут	Не менее 20	130
Химическая стойкость	pH > 4	До 8

При сравнении характеристик стандартных противofильтрационных элементов и геотекстиля, последний имеет более высокие показатели по многим признакам, что только подтверждает целесообразность его применения и оптимистичные прогнозы на перспективы дальнейшего развития для данного направления. Необходимо привлечь внимание специалистов, ученых, проектировщиков и строителей к обоснованному и более масштабному внедрению современных геосинтетических материалов в производстве противofильтрационных конструкций, т.к. это приведет к повышению эффективности работы оросительных систем за счет понижения коэффициента фильтрации и улучшению экологической обстановки в целом из-за снижения вредного воздействия на окружающую среду и более рационального использования природных ресурсов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Скуеро, А.М. Геомембраны – хорошо зарекомендовавшие себя водонепроницаемые системы на гидротехнических сооружениях / А.М. Скуеро, Г.Л. Васкетти // Международный дайджест по гидроэнергетике и плотинам. – 2007.
2. Кашарин, Д. В. Защитные инженерные сооружения из композитных материалов в водохозяйственном строительстве / Д.В. Кашарин. – Новочеркасск, 2012.
3. Гладштейн, О.И. Особенности применения геосинтетических материалов в гидротехническом строительстве / О. И. Гладштейн // Гидротехника. – 2009. – № 1.
4. Анахаев, К.Н. О фofильтрационном расчете земляных плотин с ядром / К. Н. Анахаев, Б. Х. Амшоков, А. В. Ищенко // Гидротехническое строительство. – 2006. – № 5.
5. Демидов, А.В. Критерии оптимального выбора математической модели вязкоупругости текстильных материалов / А.В. Демидов, А.Г. Макаров, А.М. Сталевич // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2006. - № 5. - С. 21-25.

6. Макаров, А.Г. Вариант спектра наследственно-вязкоупругой релаксации синтетических нитей / А.Г. Макаров, А.М. Сталевич // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2000. - № 3. - С. 8-13.

7. Пестерева, Л.А. Программа для установления нормативных значений показателей качества промышленной продукции по полученным экспериментальным данным / Л.А. Пестерева, Н.А. Грузинцева, Б.Н. Гусев, Е.Н. Никифорова, Т.Ю. Никитина, Ю.С. Грушина // Свидетельство о регистрации электронного ресурса №21574 в Объединенном фонде электронных ресурсов «Наука и образование». - Опубл. 29.12.2015.

8. Пестерева, Л.А. Компьютерная программа оценки качества укладки геотекстильного материала в земляное полотно / Л.А. Пестерева, Д.А. Панов, Н.А. Грузинцева, Б.Н. Гусев, Е.Н. Никифорова // Свидетельство о регистрации электронного ресурса №21724 в Объединенном фонде электронных ресурсов «Наука и образование». - Опубл. 22.03.2016.

УДК 625.7

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ НОРМАТИВНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА ТЕХНИЧЕСКОГО ТЕКСТИЛЯ В ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНОМ КОМПЛЕКСЕ**

### **IMPROVEMENT OF STANDARD ENSURING QUALITY OF TECHNICAL TEXTILES IN THE ROAD AND TRANSPORT COMPLEX**

Н.А. Грузинцева, Б.Н. Гусев, В.Е. Румянцева, И.В. Красильников  
N.A. Gruzintseva, B.N. Gusev, V.E. Rummyantseva, I.V. Krasilnikov

Ивановский государственный политехнический университет  
Ivanovo State Polytechnical University

E-mail: gruzincevan@mail.ru, mtsm@ivgpu.com, varrym@gmail.com, korasb@mail.ru

**В статье рассмотрены основные виды технического текстиля, применяемого в дорожно-транспортном комплексе. Выявлены положительные и отрицательные моменты, которые оказывают влияние на распространение данных видов строительных материалов в отечественной строительной отрасли.**

**Ключевые слова:** технический текстиль; классификация; геосинтетические материалы; дорожно-транспортный комплекс; дорожное строительство.

**In article main types of the technical textiles applied in a road and transport complex are considered. The positive and negative moments which render are revealed influence distribution of these types of construction materials in domestic construction branch**

**Keywords:** technical textiles; geosynthetic materials; road and transport complex; road construction; classification.

С целью повышения эффективности строительства в дорожно-транспортном комплексе идут по пути использования инновационных строительных материалов, а именно технического текстиля. Наиболее востребованными видами технического текстиля являются геосинтетические материалы (ГСМ), которые из-за своих уникальных свойств нашли широкое применение во многих областях строительства (рис. 1) [1].



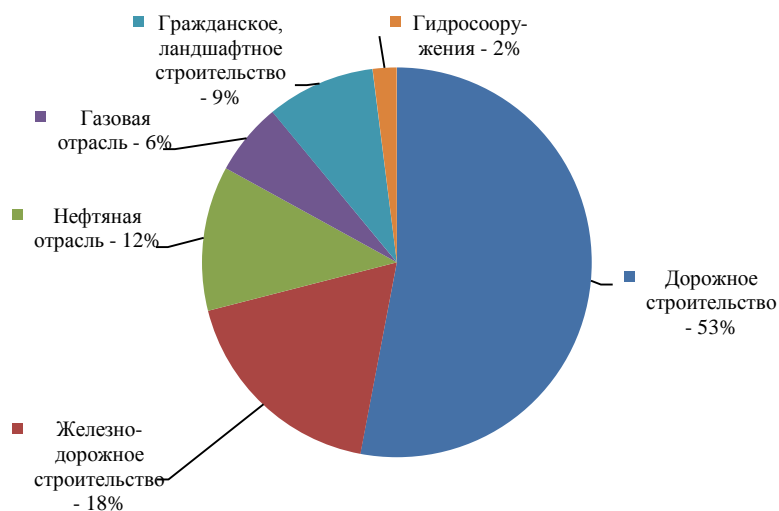


Рис. 1 Области применения ГСМ в строительстве

Как видно из рис. 1, наибольшая доля использования ГСМ приходится на дорожное строительство, что позволяет уменьшить расход традиционных строительных материалов и изделий из них (песка, щебня, гравия, бетона) икратно увеличить срок службы дорожной одежды [2]. Кроме этого специалистов в области дорожного строительства привлекают высокопроизводительная технология изготовления ГСМ (в том числе из отходов химического производства), достаточно высокая прочность в сочетании со стойкостью к различного рода агрессивным воздействиям, их низкая стоимость, удобная форма поставки и простота применения [1].

Строительство и ремонт автомобильных дорог в России являются приоритетными задачами государства, а емкость этого рынка обусловлена огромной территорией страны [2]. Следует отметить, что современное строительство и ремонт автомобильных дорог, включая придорожную инфраструктуру, практически невозможно осуществить без применения различных видов отечественных ГСМ (рис. 2).

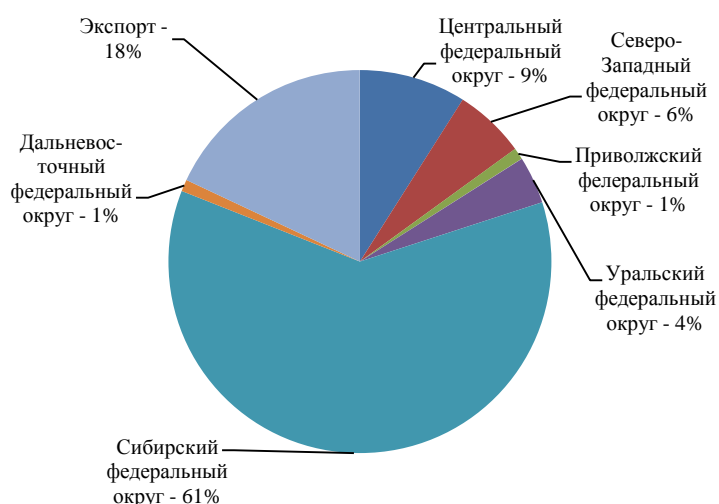


Рис. 2 Потребление отечественных ГСМ в дорожном строительстве по федеральным округам РФ

Согласно [3], номенклатура ГСМ, которые применяются практически во всех областях строительства, насчитывает более 400 видов. В таблице представлена номенклатура ГСМ, которые используются при ремонте и строительстве автомобильных дорог [4].

Геосинтетические материалы для дорожного строительства

Разновидность ГСМ	Характеристика ГСМ	Применение в дорожном строительстве	Основные функции	
1	2	3	4	
<b>Геотекстильный материал</b> (материал из синтетических или природных полимеров, неорганических веществ, получаемый по текстильной технологии, контактирующий с грунтом или другими средами, применяемый в строительстве)	Тканый	Высокопрочный тип полотна, образованный прямоугольным переплетением нитей	Земляное полотно	Армирование; Защита
	Нетканый	Полотно, сформированное путем одного из способов скрепления волокон: механического (иглопробивного), адгезиционного (клееного) или термического (созданного термоскреплением)	Земляное полотно; Дорожная одежда	Разделение; Фильтрация; Дренаживание; Теплоизоляция; Борьба с эрозией; Защита
	Вязанный	Полотно, полученное из высокопрочных волокон или нитей, но плетение осуществляется по технологии образования одной петли или более. Свойствами и областью применения вязанный геотекстиль схож с тканым	Земляное полотно	Армирование; Защита

<b>Георешетка</b> (плоский геосинтетический материал, имеющий сквозные ячейки правильной стабильной формы, размер которых превышает толщину ребер, образованных путем экструзии, склеивания, термоскрепления или переплетения ребер, противостоящий растяжению (внешним нагрузкам), и выполняющий роль усиления конструкции)	Тканая	Георешетка, образованная нитями основы и утка ткацким переплетением	Земляное полотно; Дорожная одежда	Армирование; Разделение
	Вязанная	Георешетка, образованная системами продольных и поперечных уточных нитей, связанных между собой трикотажным переплетением	Земляное полотно; Дорожная одежда	Армирование; Разделение
<b>Геосетка</b> (ГСМ, имеющий сквозные ячейки лабильной формы, размеры которых превышают толщину ребер, образованный путем экструзии или переплетением ребер)	Вязанные	Геосетка, образованная трикотажным переплетением одной или многими нитями	Земляное полотно	Борьба с эрозией
	Плетеные	Геосетка, получаемая по технологии плетения	Земляное полотно	Борьба с эрозией

<b>Геомат</b> (проницаемая пространственная конструкция из полимерных мононитей и/или других элементов, скрепленных механическим, термическим, химическим или другими способами).	Тканые	Проницаемая пространственная конструкция из полимерных нитей, скрепленных ткацким переплетением	Земляное полотно	Армирование
	Вязанные	Проницаемая пространственная конструкция из полимерных нитей, скрепленных трикотажным переплетением		Борьба с эрозией
	Нетканые	Проницаемая пространственная конструкция из нитей, волокон, хаотично скрепленных по технологии нетканых материалов		Борьба с эрозией
	Плетеные	Проницаемая пространственная конструкция из полимерных нитей, скрепленных по технологии плетения		Борьба с эрозией
<b>Геомембрана</b>	ГСМ, предназначенный для полной или частичной гидроизоляции		Земляное полотно	Фильтрация
<b>Геооболочка тканая</b>	Емкость из тканого геотекстиля для заполнения грунтом или другими строительными материалами, создающая замкнутый объем		Земляное полотно	Армирование
<b>Геокомпози́ты</b>	Упрочненные композиционные материалы, состоящие из полимерной (синтетической или натуральной) непрерывной матрицы, выполняющей роль связующего все компоненты материала, и армирующего компонента		Дорожная одежда	Армирование

Помимо положительных аспектов, касающихся использования ГСМ в дорожно-транспортном комплексе, следует отметить и негативные моменты, которые сдерживают распространение технического текстиля в отечественном строительном комплексе, а именно [1]:

- недостаточная полнота и несовершенство нормативной и методической базы производства и применения ГСМ на национальном и отраслевом уровнях;

- отсутствие методик проектирования требуемого уровня качества с учетом конкретных запросов потребителей данного вида продукции;
- несовершенство системы технического контроля процессов производства ГСМ;
- недостаточная формализация номенклатуры показателей качества ГСМ;
- отсутствие условий для проведения комплексных натурных и лабораторных испытаний ГСМ в зависимости от исходного сырья полимера;
- отсутствие идентификационных кодов ГСМ в ОКП и ТН ВЭД;
- слабая техническая оснащенность лабораторно-испытательной базы для оценки показателей качества ГСМ ввиду отсутствия современных методов и средств контроля с использованием информационных технологий;
- отсутствие общей методологии оценивания качества ГСМ с учётом требований квалиметрии.

Для устранения выявленных проблем необходимы практические решения. Основной проблемой, с которой сталкиваются строительные организации на этапе закупки материалов - это некачественная продукция, применение которой нивелирует все преимущества ГСМ и дает повод для сомнений в их надежности и эффективности.

Для решения данной проблемы необходимо в первую очередь сделать акцент на предъявляемые требования к качеству ГСМ. Процесс проектирования дорожных объектов должен начинаться с установления входных требований к качеству геосинтетического материала, заложенного в проекте, и применимых ограничений по сырьевому составу, в зависимости от выполняемых функций [5]. В связи с этим необходимо выявить и систематизировать положения отечественных и зарубежных нормативных документов, определяющих номенклатуру показателей качества и требования, установленные к ГСМ.

Широкая область применения ГСМ, включающая в том числе строительство и ремонт железных и автомобильных дорог, прокладку трубопроводов, ландшафтное и гидротехническое строительство обуславливает необходимость дальнейшей разработки номенклатуры показателей, методов испытаний и свойств с учетом функционального назначения. Так, ГСМ, используемые в качестве армирующих слоев, отличаются по номенклатуре показателей и свойствам от материалов, выполняющих дренажные, фильтрующие и разделительные функции в строительстве и ремонте дорог, а также других сооружений [6].

На сегодняшний день при оценке качества ГСМ применяется подход [7], который представлен на рис. 3.



Рис. 3. – Оценка качества ГСМ

Следует отметить, что у существующего классического подхода есть свои недостатки, а именно:

- существующая номенклатура показателей качества (ПК) по отдельным видам ГСМ сформирована на основании номенклатуры единичных показателей качества (ЕПК) родственных материалов;
- в формировании номенклатуры ЕПК не используются существующие рекомендации РД-50-64-84 [8] по существующим группам показателей: назначения, надежности, эксплуатационные, безопасности и экологичности;
- не осуществлена возможность дальнейшего ранжирования ЕПК по их важности и приоритетности;

- отсутствуют четкие рекомендации по общей оценке качества ГСМ (например, в случае, если по одному ЕПК идет снижение относительно нормативного значения);
- не предусмотрена комплексная оценка качества ГСМ.

Таким образом, для решения вышеуказанных проблемы оценки качества ГСМ возможно использовать методологию, представленную на рис. 4.



Рис. 4. – Предлагаемая методология оценки качества ГСМ

Предлагаемая методология оценки качества ГСМ основана на:

- формировании концепции «чувствительной» комплексной оценки качества, дополняющей оценку по отдельным показателям;
- выделении определяющих ЕПК по наиболее важным группам: назначения, надежности, эксплуатационные и т.д.;
- установление уровней градации качества по шкале порядка.

В заключении следует отметить, что использование предлагаемой методологии, в значительной степени улучшит качество производимых ГСМ и повысит безопасность возводимых строительных объектов [9].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Федосов, С.В. Проблемы оценки качества и стандартизации геосинтетических материалов в дорожном строительстве / С.В. Федосов, П.И. Пospelov, Т.О. Гойс, Н.А. Грузинцева, А.Ю. Матрохин, Б.Н. Гусев // Academia. Архитектура и строительство. – 2016. - №1. – С. 101-106.
2. Кокодеева, Н.Е. Расчёт срока службы дорожной одежды переходного типа, армированной геоячейками (на основе теории риска) / Н.Е. Кокодеева, О.Ю. Москалёв // Строительные материалы. - 2012. - №1. – С. 58-59.
3. Дмитриев, И.И. Геосинтетические материалы в дорожном строительстве / И.И. Дмитриев // Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2016. - № 10. – С. 35-58.
4. ОДМ 218.5.005-2010. Отраслевой дорожный методический документ. Классификация, термины, определения геосинтетических материалов применительно к дорожному хозяйству.
5. Грузинцева, Н.А. Обеспечение требуемого уровня качества геотекстильных материалов для дорожного строительства / Н.А. Грузинцева, М.А. Лысова, Т.В. Москвитина, Б.Н. Гусев // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015. - №2. – С. 19-22.
6. Гойс, Т.О. Совершенствование системы классификации геосинтетических материалов / Т.О. Гойс, А.Ю. Матрохин // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2014. - № 6. – С. 37-41.
7. Азгальдов, Г.Г. Теория и практика оценки качества товаров (основы квалиметрии) / Г.Г. Азгальдов. – М.: Экономика, 1982. – 256 с.
8. РД-50-64-84. Методические указания по разработке государственных стандартов, устанавливающих номенклатуру показателей качества групп однородной продукции. – М.: Стандартиформ, 1985. – 8 с.
9. Алоян, Р.М. Инженерный и экономический анализ энергосберегающих мероприятий: учебное пособие / Р.М. Алоян, С.В. Федосов, Н.Ю. Матвеева, И.В. Красильников, О.Р.

УДК 677.017:534.212

## **ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТЕКСТИЛЬНОЙ ОБИВКИ АВТОМОБИЛЬНЫХ СИДЕНИЙ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НОРМАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ ТРУДА ВОДИТЕЛЯ**

## **THERMAL PROPERTIES PREDICTION OF CAR SEATS TEXTILE UPHOLSTERY FOR SUPPORT NORMAL DRIVER CONDITIONS**

А.П. Башков, Г.В. Башкова  
A.P. Bashkov, G.V. Bashkova

Ивановский государственный политехнический университет  
Ivanovo State Polytechnic University  
E-mail: apb303@yandex.ru, milena55@yandex.ru

В статье рассматривается методика расчета теплопроводности объемных многослойных текстильных структур, используемых в автомобильных сиденьях. Для этого предлагается использовать эффективный коэффициент теплопроводности, учитывающий передачу теплоты в пористом теле, который определяется на основе макроквантового термического метода. Методика позволяет подбирать структуру и толщину текстильных слоев для обеспечения комфортных условий человека.

**Ключевые слова:** многослойная текстильная структура; автомобильное сиденье; теплопроводность пористого тела; эффективный коэффициент теплопроводности.

The method for calculating the thermal conductivity of spacer multilayer textile structures used in car seats is considered in the article. For this it proposed to use an effective coefficient of thermal conductivity which takes into account the transfer of heat in a porous body which is determined on the basis of macro-thermal method. The technique allows choosing the structure and thickness of each textile layer to provide a comfortable human environment.

**Keywords:** multilayer textile structure; car seat; the thermal conductivity of the porous body; the effective thermal conductivity.

Тепловой комфорт труда водителя при долгом пребывании в автомобильном сиденье оценивается распределением поля температур в узком пространстве между контактирующими поверхностями тела человека и сиденья с учетом теплопроводности многослойной структуры сиденья, тепловыделений человека и внешнего температурного поля. Особенно это становится актуальным применительно к нагревающей среде, что зачастую происходит при длительном пребывании человека в автомобиле в условиях инсоляции. Для проектирования текстильной составляющей многослойной структуры сиденья необходимо рассчитать ее теплопроводность с учетом пористости и свойств исходных волокнистых материалов.

Опорные поверхности автомобильного сиденья состоят из пружинного блока 1, слоя вспененного полиуретана 2, подстилочного слоя 3 и обивки 4 (рис. 1, а). В качестве подстилочного слоя предлагается использовать основовязаное пространственное трикотажное полотно, состоящее из двух слоев, связанных между собой соединительными элементами из индивидуальных нитей, представляющими собой протяжки между петлями основных полотен. Подобные структуры известны в иностранной литературе как «*spacer fabrics*» (рис. 1, б). Механические свойства таких структур обуславливаются способностью соединительных нитей работать подобно «распоркам», сопротивляться продольному сжатию и изгибу аналогично гибким стержням. Это обеспечивает устойчивость полотна по

отношению к деформациям, нормальным его поверхности и изгибу. Поэтому «распорчатые» трикотажные структуры применяются в качестве амортизирующего материала в сиденьях транспортных средств, в спортивной экипировке, в медицинских фиксирующих изделиях или ортопедических матрацах для частичной или полной замены вспененного полиуретана. Но, в отличие от него, распорчатая структура при нагрузках сжимается в меньшей степени, сохраняя пористость, а соответственно тепло- и воздухопроводность.

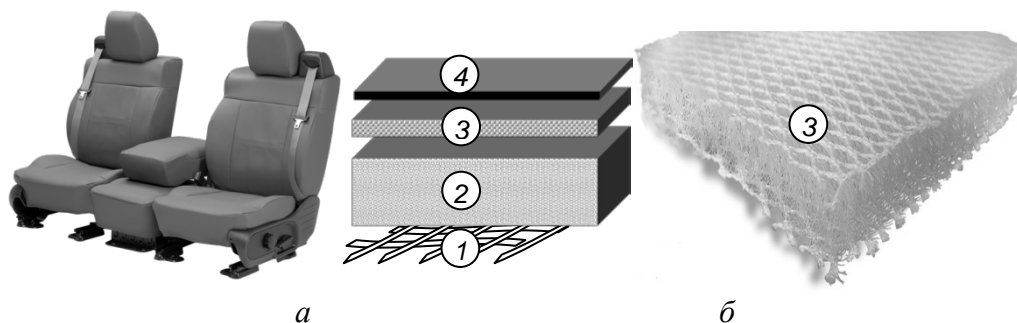


Рис. 1. Структура автомобильного сиденья: *а* – многослойный пакет сиденья, *б* – подстилочный слой из «распорчатого» трикотажа

Сложность расчета теплопроводности таких структур состоит в том, что текстильный материал имеет свойства лиофильного вещества, т.е. стенки капилляров и пор сорбируют газы, пары и жидкости. При этом возникают диффузионно-осмотические связи сорбируемого вещества с нитями текстильной структуры. Поэтому рассматривать теплопроводность такой структуры как обычную сумму теплопроводности двух сред (или двух слоев) не совсем корректно. Кроме того, сложная структура текстильного каркаса искажает равномерную передачу теплоты вдоль границы контакта с источником тепла.

Принято считать, что основной перенос теплоты в пористых материалах проходит «по скелету»: волокнам и нитям каркаса посредством теплопроводности (кондуктивный теплоперенос). Внутри пор, как в самих нитях, так и между ними перенос теплоты осуществляется по жидкой фазе, т.е. по заполняющему поры воздуху. Причем механизмом теплопередачи может быть как теплопроводность (молекулярный теплоперенос), так и конвекция за счет свободного (или вынужденного) движения нагретого газа в поровом пространстве материала. Эти процессы оказываются взаимосвязанными, поскольку между «скелетом» и жидкостью происходит сложный, как конвективный, так и лучистый теплообмен.

Учитывая сказанное, для определения величины теплового потока, проходящего через пористое вещество, используется некоторая условная величина – эффективный коэффициент теплопроводности,  $\lambda_{\text{эф}}$ , которая имеет смысл коэффициента теплопроводности некоторого однородного тела, через которое при одинаковой форме, размерах и температуре на границах проходит то же количество теплоты, что и через данное пористое тело.

При упрощении модели пористого тела величину  $\lambda_{\text{эф}}$  можно определить аналитически с учетом структуры и материала каркаса. Пространственный «распорчатый» трикотаж относительно пористых свойств можно рассматривать в виде трехслойной структуры. Поэтому имеет смысл определять  $\lambda_{\text{эф}}$  для каждого слоя.

Рассматривая традиционные термодинамические функции в связи со временем передачи импульса энергии (дискрета времени)  $\Delta t$ , т.е., используя принципы «расширенной (нелокальной) версии термодинамики» [1], можно за счет макроквантования перейти от дифференциальной формы уравнений термодинамики к предельно-разностной и получить аналитическое выражение для определения эффективной теплопроводности пористого (несплошного) тела [2]:



$$\lambda_{\text{эф}} = \frac{2kTr^2}{\hbar} \left( \rho c_p K_r + \frac{2kT}{F_{\text{эф}} r K_V K_T \Delta T} \right), \quad (1)$$

где  $T$  – термодинамическая температура, К;  $k$  – постоянная Больцмана  $1,38 \cdot 10^{-23}$  Дж/К, представляющая макроквант энтропии;  $kT = \Delta Q$  – макроквант (приращение) тепловой энергии;  $\hbar$  – постоянная Планка  $6,62 \cdot 10^{-34}$  Дж·с;  $r$  – характерный размер (радиус) макроячейки материала;  $\rho$  – плотность материала, кг/м<sup>3</sup>;  $c_p$  – удельная теплоемкость, Дж/(кг·К);  $K_r$  – коэффициент релаксации, выражающий степень динамического воздействия макроячейки на теплопередачу,  $K_r = \frac{w_r}{3c_p}$ ;  $w_r$  – скорость распространения теплоты в веществе, м/с;  $w_r = \sqrt{a\tau_r}$ ;  $a$  – коэффициент температуропроводности, м<sup>2</sup>/с;  $\tau_r$  – продолжительность релаксации, с;  $F_{\text{эф}}$  – внутренняя эффективная (смачиваемая) поверхность материала, м<sup>3</sup>;  $K_V$  – формфакторный коэффициент, корректирующий объем макроячейки;  $K_T$  – температурный корректирующий коэффициент  $K_T = T_{\text{экс}}/T_0$ , где  $T_{\text{экс}}$  – температура материала в условиях эксперимента;  $T_0 = 273^\circ$  К – эталонная температура.

Объем поры при этом будет

$$V_i = F_{\text{эф}} r K_V K_T. \quad (2)$$

Тогда, определив для элементарной ячейки образца среднее число видимых пор  $n$  по увеличенному сканированному изображению и общий объем пор, исходя из массы образца  $m$ , объемной плотности материала  $\rho_o$  и волокна  $\rho_f$ , можно рассчитать  $F_{\text{эф}}$

$$F_{\text{эф}} = \frac{m \left( \frac{1}{\rho_o} - \frac{1}{\rho_f} \right)}{nr K_V K_T}. \quad (3)$$

Значения  $K_r$ ,  $K_V$  и  $K_T$ , полученные экспериментально для различных материалов, приведены в работе [2]. При положительных температурах характерных для салона автомобиля (20...30°C) значения  $K_r = (5,4...6,0) \times 10^{13}$ ;  $K_V = 0,95...1,0$ ;  $K_T = 1,0...1,1$ . При этом расчетные значения  $\lambda_{\text{эф}}$  для анализируемых образцов трикотажа объемной плотностью 50...60 кг/м<sup>3</sup> находились в пределах от 0,046 до 0,06 Дж/м·с·К.

Зная эффективную теплопроводность текстильной структуры, можно выбрать ее толщину или количество слоев для обеспечения необходимого теплового баланса между человеком, сиденьем, окружающей средой, что, в свою очередь, позволит решать задачи оптимизации материалоемкости объемных трикотажных структур с учетом их теплотехнических свойств [3], [4].

Схема теплового процесса в системе «человек - материал - окружающая среда» представлена на рис. 2. Согласно закону Фурье можно записать:

$$\lambda_{\text{эф}} = \frac{Q\delta}{(T_1 - T_2)F\tau} = \frac{q\delta}{(T_1 - T_2)}; \quad (4)$$

$$q = \frac{\lambda_{\text{эф}}}{\delta} (T_1 - T_2), \quad (5)$$

где  $Q$  – количество теплоты, проходящей через границу слоя:  $Q = qF\tau$ ;  $q$  – интенсивность теплового потока, т.е. количества тепла, проходящего через единицу поверхности стенки в единицу времени;  $\tau$  – фактор времени;  $\delta$  – толщина материала;  $\frac{\lambda_{\text{эф}}}{\delta}$  – тепловая проводимость слоя;  $F$  – площадь поверхности;  $T_1$  и  $T_2$  – температуры до и после прохождения тепла через материал.

Для многослойного материала можно записать

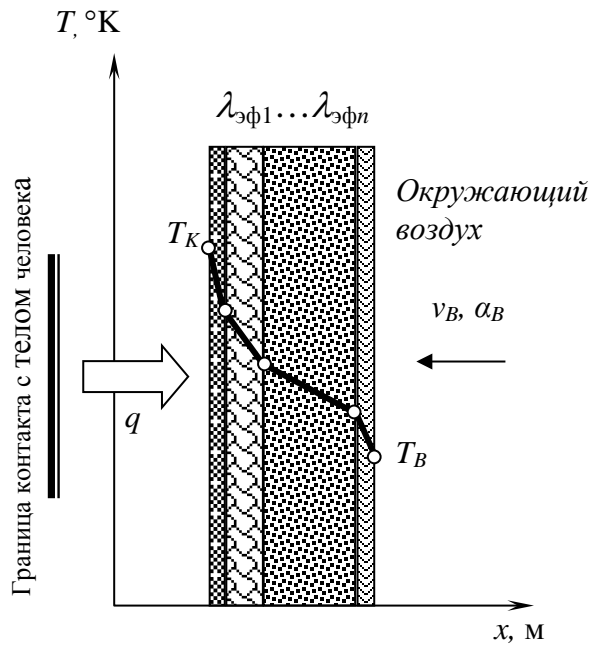


Рис. 2. Схема передачи тепла через многослойный пакет

$$T_1 - T_{(n+1)} = q \left( \frac{\delta_1}{\lambda_{эф1}} + \frac{\delta_2}{\lambda_{эф2}} + \dots + \frac{\delta_n}{\lambda_{эфn}} \right) = q \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{эфi}}. \quad (6)$$

При переносе теплоты через многослойный материал вводится эквивалентный коэффициент для всего пакета  $\lambda_{экв}$ , который будет уже зависеть от толщины материала

$$\lambda_{экв} = \frac{\sum_{i=1}^n \delta_i}{\sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{эфi}}}. \quad (7)$$

При установившемся режиме теплообмена температуру кожи человека  $T_K$  на границе контакта с сиденьем на основании выражения (1) можно определить по следующей формуле

$$T_K = T_B + q \left( \lambda_{экв} + \frac{1}{\alpha_B} \right), \quad (8)$$

где  $T_B$  – температура воздуха, в теплый период года в салоне автомобиля в точках  $B_1 \dots B_n$  (см. рис. 3);  $q$  – тепловой поток от кожи человека при легкой работе в положении сидя этот показатель равен  $50 \text{ Вт/м}^2$ ;  $\alpha_B$  – коэффициент, зависящий от скорости движения воздуха, для  $v_B = 0,2-5,0 \text{ м/с}$ , определяется по формуле

$$\alpha_B = 11,2 \sqrt{v_B}. \quad (9)$$

Учитывая условия комфортности, при которых  $T_K = 32^{\circ}\text{C}$ , можно определить оптимальную толщину слоев пакета с точки зрения теплопроводности, решив систему уравнений (7) (8) относительно  $\delta_i$ . Однако, толщина многослойного пакета сиденья определяется, в первую очередь, требованиями вибропоглощения и механической

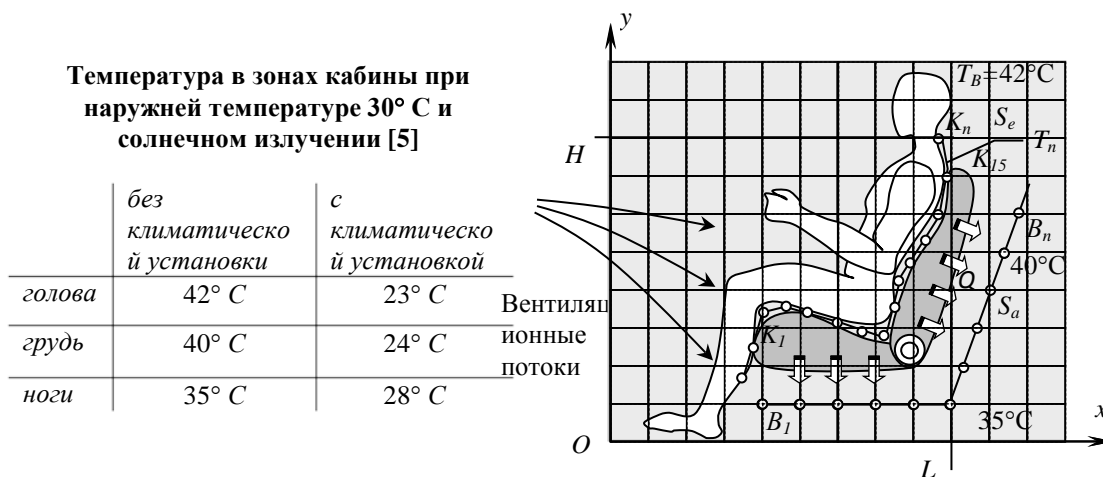


Рис. 3. Схема для расчета распределения температуры в пространстве между телом человека и автомобильным сиденьем

прочности. Тогда, критерием оптимизации становятся пористые свойства и зависящие от них коэффициенты  $\lambda_{\text{эф}}$  и  $\lambda_{\text{экр}}$ . Таким образом, выбирая сырье и проектируя структуру трикотажных полотен подстилочного и обивочного слоев, можно обеспечивать условия комфортности человека в салонах транспортных средств.

#### Выводы:

1. На основании макроквантового термодинамического метода предложена методика расчета теплотехнических свойств трикотажных полотен.
2. Предложенный метод позволяет проектировать структуру трикотажных полотен подстилочного и обивочного слоев автомобильных сидений, обеспечивающих условия комфортности человека.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Майков, В.П. О расширенной версии классической термодинамики. Теплоэнергетика, 1998. – № 9. – С. 14-19.
2. Светлов, Д.О. Эффективная теплопроводность материалов капиллярно-пористой и волокнистой структуры на основе макроквантового термодинамического метода / Д.О. Светлов, В.В. Исаев, Ю.В. Светлов // Сб. «Технологии XXI века в легкой промышленности». – М.: Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского, 2012. – 19 с.
3. Broiko, A.P. Analysis of knitted structures and study of heat transfer processes in knitted structures/ A.P. Broiko, O.N. Kharlamova, A.Yu. Baranov //Изв. вузов. Технол. текст. пром-сти. – 2000. – № 4. – С. 82-84 (на англ. яз.).
4. Гусаров, А.М. Влияние основных эксплуатационных факторов на теплозащитные свойства боевой одежды пожарных /А.М. Гусаров, А.А. Кузнецов//Изв. вузов. Технол. легкой пром-сти. – 2015. – № 2. – С. 42-44.
5. Климатическая установка на автомобиле [электронный ресурс]. [http://autoholding.net/270\\_klimaticheskaya\\_ustanovka\\_na\\_avtomobile.html](http://autoholding.net/270_klimaticheskaya_ustanovka_na_avtomobile.html).

**ТОНКОСТЕННЫЕ ГРУНТОБЕТОННЫЕ КОНСТРУКЦИИ, АРМИРОВАННЫЕ  
ТЕКСТИЛЬНЫМИ ВОЛОКНАМИ И МАТЕРИАЛОМ НА ПРИМЕРЕ КУПОЛЬНЫХ  
ЗДАНИЙ**

**THIN-WALLED GROUT-CONCRETE STRUCTURES REINFORCED WITH TEXTILE  
FIBERS AND MATERIALS ON THE EXAMPLE OF DOME BUILDINGS**

И.А.Гандельсман, Л.В. Закревская, П.А. Любин  
I.A. Gandelsman, L.V. Zakrevskaya, P.A. Lubin

Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и  
Николая Григорьевича Столетовых, институт архитектуры строительства и энергетики  
Vladimir State University named after Alexander Grigorievich and Nikolai Grigorievich Stoletov,  
institute of architecture of construction and power engineering  
E-mail: petr.lubin@yandex.ru, lvzak@mail.ru

Рассмотрено применение текстильных волокон и материалов для строительства зданий: в качестве арматурной сетки, составляющей опалубки, пневмоопалубки. Показан механизм взаимодействия текстильных волокон с бетоном, приведены достоинства и недостатки применения текстильных материалов в бетонных конструкциях. Предложен вариант применения грунтобетона с текстильным материалом для возведения тонкостенных конструкций на примере купольных зданий. В полученной конструкции рассмотрены такие характеристики как водостойкость, морозостойкость, огнестойкость, долговечность

Ключевые слова: грунтобетон; магнезиальное вяжущее; технический текстиль; купольные здания; тонкостенные конструкции; водостойкость.

The application of textile fibers and materials for the construction of buildings is considered: as a reinforcing mesh, formwork, air formwork. The mechanism of interaction of textile fibers with concrete, the use of advantages and disadvantages of using textile materials in concrete structures is shown. Recommend option of concrete with a textile material for the construction of thin-walled structures on the experience of domed buildings. In the received design, such characteristics as water resistance, frost resistance, fire resistance, durability

Key words: ground-concrete; magnesian binder; technical textiles; domed buildings; thin-walled structures; water resistance.

С каждым годом возрастает интерес к текстильным материалам в строительной индустрии. Текстиль применяется для армирования грунтов, в качестве опалубки, утеплителя, звукоизоляции, гидроизоляции. С использованием текстильных материалов изготавливают стропы и прочий вспомогательный инвентарь, бетонное полотно и многое другое.

Во многих случаях металлический каркас может быть с успехом заменен текстилем. Более того, современные тенденции в производстве конструкционных материалов, армированных текстилем, заключаются в расширении области их применения, — от второстепенных, не несущих нагрузки элементов к первостепенным несущим конструкционным элементам.

Достоинствами применения текстильных материалов в качестве арматуры являются снижение веса конструкции, отсутствие коррозии, снижение толщины защитного слоя бетона, а следовательно, толщины всей конструкции, долговечность. Кроме того, удобство работы с текстильным материалом и волокнами позволяют получать конструкции любых пространственных форм.

К недостаткам можно отнести неустойчивость к высоким температурам, высокая деформативность материала, при заливке бетона в опалубку текстильный материал

прогибается, деформируется. Из-за этого возникают проблемы с наличием армирования в требуемых зонах.

В строительных работах часто возникает необходимость создания легких конструкций, таких как арки, перекрытия входов, навесы, козырьки, карнизы, и ряда декоративных элементов — бордюров, рельефов и т.п. Конструкционные композиты на текстильной основе становятся передовым строительным материалом.

Основная область их применения находится там, где применение стальной арматуры ограничено. Данные бетонные композиты могут изготавливаться с толщиной от 10 мм, что не всегда может быть достигнуто с использованием стандартной стальной арматуры. Более того, из-за исключительно выгодного соотношения веса и прочности, данные структуры могут быть весьма полезными при производстве тонкостенных строительных конструкций, реставрации различных архитектурных элементов, при усилении и армировании стен старых зданий, а также при изготовлении и реставрационном восстановлении различных фасадных элементов. [1, с. 21]

При армировании бетона наиболее целесообразно применение текстильных материалов на основе стеклянных, базальтовых волокон, углеродных нитей. Применение полиэтиленовых волокон и полотен из них менее целесообразно ввиду крайне низкого модуля упругости материала по сравнению с армируемым материалом.

Широкое распространение получил прорезиненный текстиль (например, ткань В 870 RIB Stjр), используемый в качестве пневмоопалубки. Пневмоопалубка это герметичная гибкая оболочка в которую нагнетается воздух, а затем наносится бетон.

Основной недостаток монолитного железобетона заключается в большом объеме ручного труда, достигающего в ряде случаев 50 %. Причем значительную долю этого объема составляют опалубочные работы. Достаточно сказать, что 35—45 % общих трудозатрат на возведение приходится на опалубочные работы, а по стоимости — 15—25 %. Одним из перспективных направлений совершенствования опалубочных работ является использование в качестве опалубки для возведения монолитных конструкций пневмонапряженных систем. [2, с. 49]

Опытные работы по бетонированию конструкций с применением пневмоопалубок показали, что метод позволяет приблизить сроки возведения монолитных пространственных конструкций к сборным вариантам, значительно уменьшив при этом стоимость сооружения. Применение пневмоопалубок повышает качество бетонированной поверхности, снижает затраты на последующую доводку конструкций, улучшает условия и сокращает сроки выдерживания бетона, позволяет возводить конструкции рациональной геометрической формы. [3, с. 23]

Бетон наносится на поверхность опалубки торкретированием — набрызгом тощего бетона с помощью сжатого воздуха. В результате образуется прочная бетонная конструкция с минимальным количеством пор. После набора бетоном необходимой прочности, опалубка демонтируется и может быть использована повторно.

В данной работе предложен вариант совместного применения различных текстильных материалов в качестве пневмоопалубки и текстильных волокон в качестве армирования для получения тонкостенной конструкции, в качестве конструкционного материала был выбран разработанный нами грунтобетон на магнезиальном вяжущем, форма конструкции дома — купольная.

Купольные дома во настоящее время приобретают всё большую актуальность, этому способствует ряд преимуществ таких зданий.

Энергоэффективность. Экономия энергии, затрачиваемая на отопление и охлаждение заключается в площади внешней поверхности здания. Чем меньше общая площадь внешней поверхности (стен и крыши), тем выше КПД энергозатрат на поддержание требуемого климата в помещении. Внешняя площадь купола почти на четверть меньше, чем у параллелепипеда с такой же жилой площадью. К тому же, теплотери фундамента здания, в основном, зависят не от площади пола, а от длины периметра. Купол с меньшим отношением

периметра к площади, чем у «прямоугольного» дома, потеряет значительно меньше тепла через фундамент.

Эффективный воздухообмен. Искривлённая поверхность купола способствует естественной циркуляции воздуха в помещении. Снаружи купола, благодаря аэродинамическому эффекту конструкции, ветер огибает купол с меньшим сопротивлением. Для сравнения, «прямоугольный» дом является плоским барьером для ветра, создавая сильное положительное давление ветра с одной стороны и разреженность (отрицательное давление) на противоположенной внешней поверхности, что и создаёт сквозняки, вытесняющие теплый воздух наружу, который замещается уличным.

Особенности интерьера купольной конструкции дадут несравненно большую свободу планировки, равномерность распределения света, тепла и звука. Купола отличаются превосходными световыми характеристиками, так как сферические формы усиливают свет, а прямоугольные – поглощают. Во многих случаях внутри купола светлее, чем на улице, даже без внутреннего освещения (из-за отражения света от стен и его фокусирования в направлении центра купола).

Акустические преимущества включают равномерное распределение звука, отсутствие резонирующего эффекта и на 30% снижают внешние шумы.

Композиционный материал – грунтобетон был выбран в качестве конструкционного материала за счет его цены и наличия сырья для его изготовления в любом регионе. На рис. 1 представлены полученные образцы.



Рис. 1 Синтезированные образцы грунтобетона

Нами был разработан ряд составов грунтобетона с различными характеристиками на магниезиальном вяжущем с внесением специальных добавок. Варьировалось процентное соотношение вяжущего и грунта, оптимальным и наиболее экономически выгодным оказалось соотношения вяжущего к грунту 30% на 70%. Магниезиальное вяжущее было получено нами из доломитовой муки. Доломит — минерал из класса карбонатов химического состава  $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ . Во Владимирской области имеется целый ряд крупных месторождений доломита, и доломитовая мука является отходом добычи щебня. Доломитовую муку применяют для изготовления особых марок цемента, в качестве огнеупорного материала, как флюс в металлургии, сырьё в химической промышленности и стекольном производстве.

Полученное вяжущее в отличие от портландцемента требуется затворять не водой, а раствором бишофита, сульфата магния, бикарбоната магния, которые взаимодействуют с  $\text{MgO}$ .

Рентгенофазовый анализ обожженного доломита свидетельствует о значительном содержании  $\text{MgO}$ , которого вполне достаточно для получения вяжущего. На рис. 2

представлен рентгенофазовый анализ синтезированного магниального вяжущего из отходов добычи доломита.

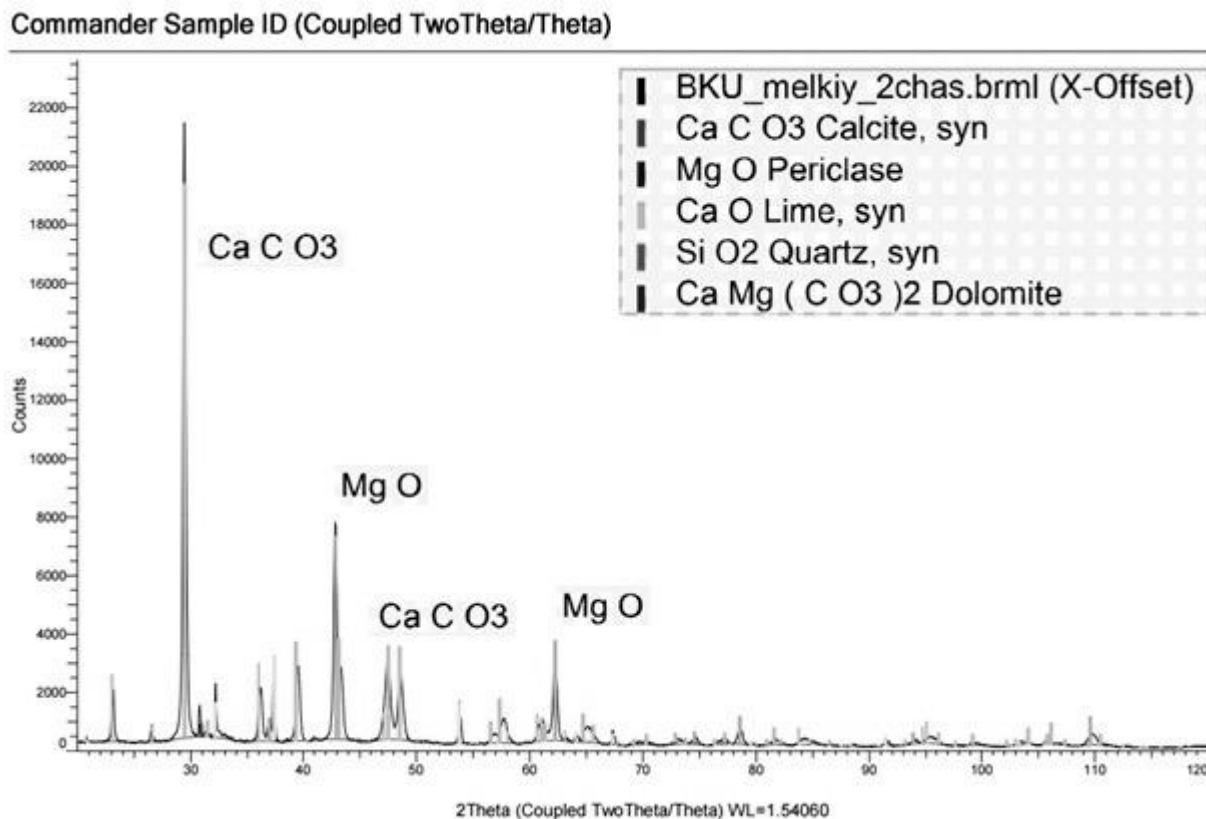


Рис. 2 Рентгенофазовый анализ синтезированного вяжущего

На рис. 3 представлена структура синтезированного магниального вяжущего из отходов добычи доломита с помощью растровой электронной микроскопии.

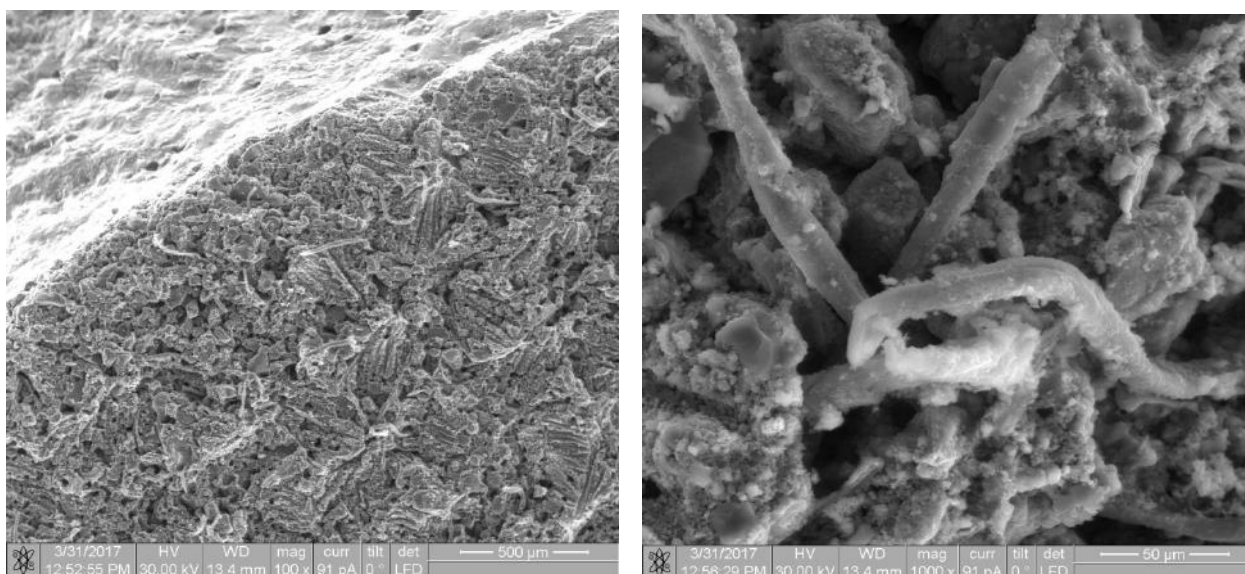


Рис. 3. Электронно-микроскопические снимки структуры магниального вяжущего

Для изучения механизма взаимодействия вяжущего с грунтом, были проведены исследования микроструктуры образцов грунтобетона с помощью растровой электронной микроскопии. Анализ показал наличие массивных зерен грунта (50-500µм) окруженных

более мелкими частицами – затвердевшим вяжущим или более сложными соединениями. Кроме того были замечены кристаллы размером около 1 мкм предположительно скрепляющие грунт и вяжущее. На рис. 4 представлены электронно-микроскопические снимки образцов с увеличением до 100 мкм. слева и 3 мкм. справа.

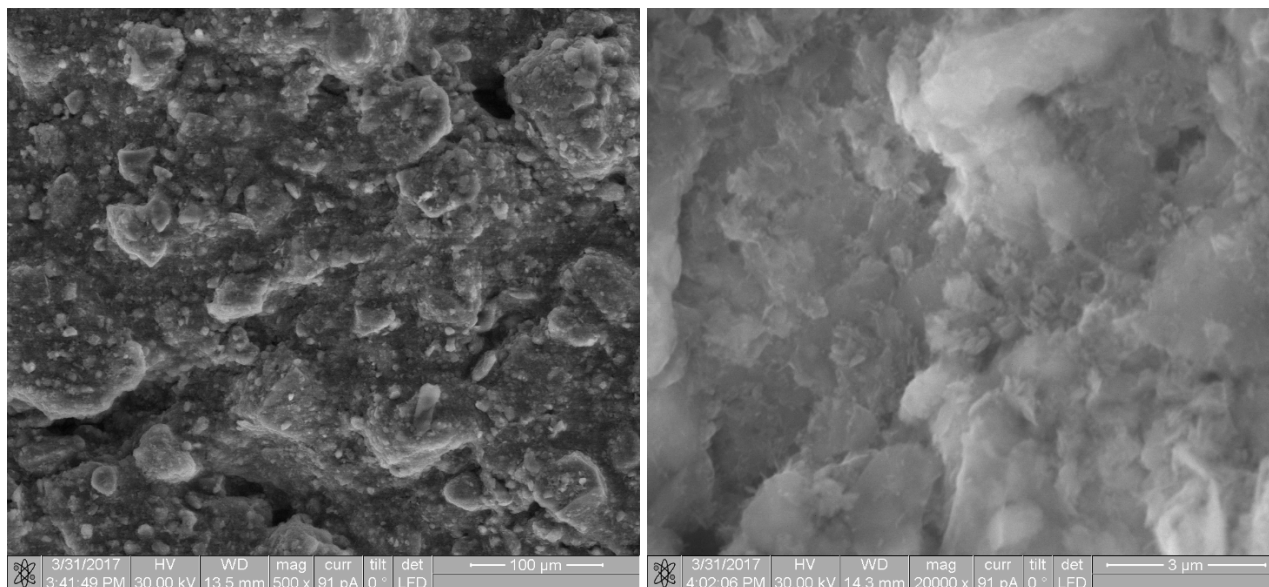


Рис. 4. Электронно-микроскопические снимки образцов грунтобетона

Полученный композиционный материал имеет высокую водостойкость за счет применения дигидроортофосфата калия –  $\text{K}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$ . Цена получаемого грунтобетона в 5-7 раз ниже чем у бетона, требуемого для торкрет-установок. Это достигается за счет того, что основной заполнитель требуемого тощего бетона – дорогостоящий песок определенного гранулометрического состава, а основная составляющая грунтобетона – глинистый грунт имеющийся в избытке повсеместно.

Разрабатываемая технология состоит из следующих этапов. Подготовка основания, и устройство фундамента, целесообразно применение винтовых свай с железобетонным ростверком так как нагрузки на фундамент незначительны, а также возможно возникновение выдергивающих усилий, железобетонный ростверк удобен для закрепления опалубки здания. Другим вариантом фундамента является монолитная плита из грунтобетона толщиной не менее 300мм. Далее монтируется текстильное полотно. Нагнетается давление и торкретированием наносится грунтобетонный состав, определенной толщиной, далее монтируются текстильные волокна или сетка и наносится второй слой грунтобетона до проектной толщины. После набора требуемой прочности опалубка демонтируется.

Использование текстильных волокон в совокупности с прочным текстильным материалом позволяют получить тонкостенные грунтобетонные конструкции, кроме того отсутствует необходимость в толстом защитном слое грунтобетона так как нет риска коррозии арматуры.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бурак, Е. Э. Методика исследования технологических параметров торкретирования бетонной смеси на горизонтальную пневмоопалубку // Научный вестник ВГАСУ. Строительство и архитектура, Воронеж, 2011.
2. Бурак, Е. Э. Возведение строительных конструкций методом торкретирования с использованием пневматической опалубки и специальных машин / Е. Э. Бурак // Вестник Централ. регионал. отделения РААСН: сб. науч. тр. — Москва: [б. и.], 2004. — Вып. 3.



3. Столяров О.Н., Горшков А.С. Применение высокопрочных текстильных материалов в строительстве // Инженерно-строительный журнал, №4 Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна, Санкт-Петербург, 2009.

УДК: 677.076.4:677.494

## ГЕОРЕШЕТКА ДЛЯ ОЗЕЛЕНЕНИЯ ГРУНТА

### GEOCELL FOR GARDENING SOIL

Ю.А. Щепочкина  
Ju.A. Shchepochkina

Ивановский государственный политехнический университет  
Ivanovo State Polytechnical University  
E-mail: julia2004ivanovo@yandex.ru

**Предложена георешетка, выполняющая не только свои традиционные функции по укреплению грунтов, но и способствующая их озеленению. Предусмотрено нанесение на георешетку слоя экологически безопасного клеящего водорастворимого вещества, минерального или органического удобрения, семян растений с последующим отверждением клеящего вещества. Подобная георешетка может быть использована для укрепления и озеленения слабых грунтов, склонов, устройства спортивных площадок, газонов.**

**Ключевые слова:** георешетка, озеленение

**Proposed geogrid, performing not only its traditional functions to strengthen the soil, but also conducive to their landscaping. Provided the application of the geogrid layer eco-nomically secure adhesive water-soluble substances, mineral or organic fertilizers, plants seeds, followed by curing of the adhesive. This geogrid can be used to strengthen and landscaping soft soils, slopes, devices, athletic fields, lawns.**

**Keywords:** Geogrid, landscaping

В последнее время на рынке геотекстиля востребованы ячеистые тканые структуры [1, 2], георешетки (геосетки). В традиционном понимании георешетка для грунта – это эластичный плоский рулонный материал с сетчатой структурой, ребра которого образованы из пучков нитей и скреплены с образованием ячеек, размеры которых больше образующих решетку ребер. В качестве материала для изготовления георешеток применяются полиэфирные, полиамидные, полипропиленовые, льняные и другие текстильные волокна [3]. Для увеличения срока службы георешетка может быть обработана гидрофобными составами.

Георешетку широко используют для укрепления слабых грунтов, возведения насыпей, восстановления оползневых склонов. При этом использование георешетки, как правило, обеспечивает устойчивость грунтов и насыпей, уменьшает их размывание дождями. Вместе с тем, в ряде случаев грунты [4], в том числе укрепленные георешеткой, требуют последующего озеленения.

Нами предлагается георешетка с расширенными функциональными возможностями, не только выполняющая свои традиционные функции по укреплению грунтов, но и способствующая их озеленению.

Для получения георешетки для озеленения грунта за основу может быть взята выпускаемая промышленностью крупноячеистая георешетка. В частности, нами была использована георешетка «Ультранит» на основе полиэфирных волокон, изготовленная ООО «Ультростаб» (г. Тейково) на традиционном ткацком оборудовании, рис.1. Поверхность ребер георешетки по принятой на предприятии технологии обработана гидрофобным составом на основе поливинилхлорида.

Для получения георешетки с расширенными функциональными возможностями ее образцы укладывали на горизонтальную поверхность, после чего наносили на одну ее сторону слой (толщиной около 1 мм) клеящего водорастворимого вещества на основе карбоксиметилцеллюлозы.



Рис.1. Фрагмент георешетки, изготовленной ООО «Ультрастаб»

Для нанесения на решетку может быть использовано и другое экологически безопасное водорастворимое клеящее вещество, не оказывающее отрицательного влияния на рост корневой системы растений и обладающее достаточной адгезией к поверхности георешетки. На влажный слой клеящего вещества наносили гранулы универсального комплексного минерального удобрения «Агрикола» и семена растений (травосмесь), рис.2.

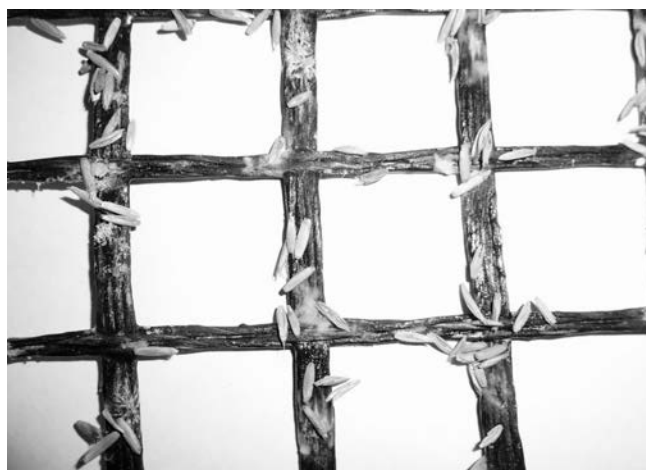


Рис.2. Фрагмент георешетки с нанесенным слоем клеящего водорастворимого вещества, гранулами комплексного минерального удобрения и семенами растений

Возможно использование как минеральных (азотистых, фосфорных, калийных), так и органических удобрений, а также нанесение на клеящий слой или удобрения или семян растений.

После нанесения удобрения и семян растений слой клеящего вещества отверждали (сушкой на воздухе в течение 24 ч).

Подготовленные опытные образцы георешетки укладывали в ящик с грунтом, присыпали слоем почвы (глубина заделки около 15 мм) и увлажняли, рис.3.

Отметим, что закрепленные на георешетке семена не вымывались на поверхность грунта при поливе. В результате через 8 сут (при температуре воздуха 17-19 °С и температуре почвы 15-16 °С) в условиях естественного освещения были получены всходы растений (рис.4). В естественных условиях с течением времени корневая система растений разовьется и они образуют «зеленый ковер» на поверхности грунта.



Рис.3. Опытный образец георешетки, уложенной в грунт



Рис.4. Всходы растений, полученные из семян, закрепленных на георешетке

Подобная георешетка может быть использована для укрепления и озеленения слабых грунтов, склонов, устройства спортивных площадок, газонов.

#### **Выводы**

1. Предложенная георешетка препятствует вымыванию внесенных в почву семян растений, выделяет питательные вещества (удобрения) в почву, что улучшает подкормку корневой системы растений.

2. Подобная георешетка может быть использована для озеленения слабых грунтов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Карева Т.Ю., Толубеева Г.И., Шейнова Т.И. Новые структуры тканей для геотекстиля и анализ возможности их формирования на отечественном оборудовании / «Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы» (SMARTEX 2016): сб. материалов XIX Междунар. науч.-практ. форума, 23-27 мая 2016 года. – Иваново: ИВГПУ, 2016. – Ч.1. – С.172-176.
2. Алоян Р.М., Петрухин А.Б., Опарина Л.А. Сравнительный анализ ресурсо- и энергосберегающих характеристик при применении геотекстиля в строительстве // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2016. – № 1. – С. 10-14.
3. Грузинцева Н.А., Овчинников А.А., Лысова М.А., Гусев Б.Н. Совершенствование номенклатуры показателей и оценки качества геотекстильных материалов // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2014. – № 3. – С. 28-32.
4. Авдеев Л.Б., Ахтель Т.Н. Урожайность среднеспелых злаковых травостоев на мелиорированной дерново-глеевой почве // Природнае асяроддзе Палесся: асаблівасці і перспектывы развіцця. Тэз. дакл. IV міжнар. навук. канф. – Брэст: Альтернатыва, 2008. – С. 4.

УДК 666.973.6

### ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ АСПЕКТЫ УТИЛИЗАЦИИ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ

### ECOLOGICAL AND OPERATIONAL ASPECTS OF UTILIZATION OF MAN – CAUSED WASTE

И.А. Сапронова, Д.А.Сапронов  
I.A. Sapronova, D.A. Sapronov

Ивановский государственный политехнический университет  
Ivanovo State Polytechnical University  
E-mail: sapronova37@mail.ru

**В работе рассматриваются экологические и эксплуатационные аспекты утилизации техногенных отходов**

**Ключевые слова:** Экология; утилизация; отходы, резиновая крошка, резиновый валик

**The paper considers ecological and operational aspects of utilization of man – caused waste**  
**Keywords:** ecology; utilization; wastes; rubber crumb; rubber rollers

Сегодня, в процессе урбанизации мы наблюдаем, увеличение «экологического следа» человека в зависимости от уровня экономического развития страны от 1,2 до 10 га. Потребности человека возрастают, что приводит к «уничтожению» природных ландшафтов. Антропогенные воздействия наблюдаются повсеместно. С начала нулевых годов власти стали серьёзно подходить к решению этих проблем.

В конце 2016 г. на Заседании Госсовета по вопросу «Об экологическом развитии РФ в интересах будущих поколений» были сформулированы основные цели урбозекологии.

2017 г. в России объявлен годом экологии. Правительство РФ сформулировало ряд важных экологических проблем. Одной из них является проблема утилизации уже имеющихся техногенных отходов, полученных в процессе производства, переработки, а также в виде изношенного оборудования и деталей, которые не находят дальнейшего применения и годами лежат на свалках. Государство поддерживает создание экологически чистых производств, предприятий замкнутого цикла, где отработанные материалы, минуя стадию складирования, сразу используются дальше.

Техногенные отходы разнообразны. К техногенным отходам промышленности по ГОСТ 25916-83 относятся остатки сырья, материалов, полуфабрикатов, образовавшиеся при производстве продукции или выполнении работ и утратившие полностью или частично исходные потребительские свойства. В более общем плане к техногенным отходам промышленности относится вся сумма твердых, газообразных и жидких отходов, образующихся в процессе производства конечного продукта данного предприятия.

Инициатива создать общую номенклатуру отходов была выдвинута ЕС для разработки Европейского каталога отходов (ЕКО). ЕКО был разработан и принят в соответствии с директивой Совета ЕС по отходам 75/442/ЕЕС как поправка к директиве ЕС 91/156/ЕЕС (рамочная директива), которая требует общего сравнительного перечня отходов, установленного в странах ЕС.

Одним из возможных вариантов классификации отходов можно считать классификацию их в соответствии с главными источниками их образования: бытовые (150 млн.т./г), промышленные (330 млн.т./г), сельскохозяйственные отходы (696 млн.т./г), отходы, образующиеся при добыче полезных ископаемых (357 млн.т./г), отходы сектора производства энергии (27 млн.т./г), илы сточных вод и отвалы.

По потенциальному воздействию на окружающую среду выделяются промышленные и отходы горнорудной промышленности, по массе - сельскохозяйственные и промышленные.

Таблица 1

Виды промышленных отходов

Группа основного производства	Основные процессы получения отходов	Предполагаемые специфические отходы
Водоснабжение, канализация и теплоснабжение	Изготовление и установка в домах, учреждениях, на предприятиях	Металлолом от прокладки трубопроводов и работ с трубами; резина, бумага, изоляционные материалы, конструкционные материалы, строительный мусор
Материально-техническое снабжение	Изготовление и сборка	Металлы, пластмассы, резина, бумага, дерево, ткани, химические отходы
Продукты питания	Обработка, упаковка, перевозка	Отходы мяса, жиры, масла, кости, овощные отбросы, фрукты, орехи и скорлупа, зерно
Продукты прядильного производства	Прядение, очистка, окрашивание и перевозка	Остатки тканей и волокна
Пиломатериалы и деревянные изделия	Лесопиление, деревообработка, деревянные контейнеры, деревянные конструкции, разнообразные деревянные изделия	Древесные отходы, опилки, в некоторых случаях металлы, пластмассы, ткани, клей, шпаклевка, краска, растворители
Мебель и оборудование, древесина	Изготовление бумаги, переработка бумаги и картона, изготовление картонных коробок и ящиков	Древесные отходы, опилки, в некоторых случаях металлы, пластмассы, ткани, клей, шпаклевка, краска, растворители, остатки тканей и набивочного материала

Бумага и родственные изделия	Изготовление бумаги, переработка бумаги и картона, изготовление картонных коробок и ящиков	Обрывки бумаги и тканей, химикалии, вещества, служащие наполнителями бумаги и для покрытия бумаги, типографская краска, клей, скрепки для бумаг
Издательской дело	Издание газет, литографская печать, гравирование и переплетное дело	Бумага, газетная бумага, картон, металлы, химикалии, ткани, типографская краска, кле
Химикаты	Обработка и изготовление неорганических химикатов (включая лекарства и супы, краски, лаки, взрывчатые вещества)	Органические и неорганические химикаты, металлы, пластмассы, резина, стекло, масла, лаки, растворители, пигменты
Очистка нефти и сходные производства	Изготовление материалов для дорожных покрытий и кровельных материалов	Битум, войлок, асбест, бумага, ткани, волокна
Изготовление различных изделий	Изготовление ювелирных изделий, серебряных изделий, металлических изделий с различными покрытиями, игрушек, спортивных товаров, новых моделей одежды, пуговиц, метел, щеток, значков и т.д.	Металлы, стекло, пластмассы, смолы, кожа, резина, различные смеси, кость, ткани, солома, клей, краски, растворители

На сегодняшний день существует масса различных промышленных (таб.1) и сельскохозяйственных отходов. Особую актуальность приобрело использование отходов растительного происхождения в качестве сырья для производства конструкционных и теплоизоляционных материалов.

Это позволяет решить проблему утилизации отходов деревообрабатывающих предприятий и сельскохозяйственного производства, а также использовать дополнительное, дешевое и воспроизводимое местное сырье для получения материалов строительного назначения.

Имеются две схемы производства изделий из растительных отходов: переработка растительного сырья в волокнистую массу с последующим формованием; изготовление изделий на различных вяжущих без расщепления растительного сырья на волокно.

При получении изделий первым способом наиболее важной операцией, определяющей качество получаемых волокнистых плит, является расщепление сырья на волокно. Основными способами являются термомеханический и химико-механический способы. Цель предварительной обработки сырья по обоим способам – более или менее полное разложение межклеточного вещества и освобождение клетчатки.

В настоящее время утилизируется для различных целей не более 10-20 % техногенных отходов промышленности. Можно предположить, что у предприятий нет достаточной информации об имеющихся новых технологиях по утилизации отходов, или у предприятий нет стимула к решению экологической проблемы.

В таб.1, четвертым видом промышленных отходов является отход прядильного производства в виде остатков тканей и волокон, которые используют в производстве, например, фибробетона.

Мы выделили и изучили еще один вид отхода прядильного производства – это отработанные резиновые валики и резиновую крошку, которую получают в результате шлифовки этих валиков - отработанных резино - технических изделий (ОРТИ).



Рис.1 Резиновый валик



Рис.2 Резиновая крошка

Резиновая крошка, полученная от шлифовки ОРТИ на наждачном круге, собирается в бункерах-накопителях, а потом вывозится на свалки. Этот «бесплатный» материал-отход обладает плотностью 600-700 кг/м<sup>3</sup>, размером отдельной частицы менее 2 мкм, с насыпной плотностью 110 кг/м<sup>3</sup>. Основой ОРТИ являются нитрильные каучуки марки БНКС (нитриласт), вулканизирующим агентом – сера, пластификатором – дибутилфталат, наполнителем – мел.

Впервые своё применение прядильная резиновая крошка нашла в производстве пенобетона в 2007 г. Основными компонентами которого были цемент, вода, зола-уноса, резиновая крошка, размером менее 2 мкм и добавки [1,2,3,4,5].

Сейчас существует несколько областей применения мелкой резины. Порошковая резина размером до 0,6 мм в различных весовых соотношениях вводится в резиновые смеси. При этом свойства получаемых резин практически не отличаются от свойств обычной резины, изготовленной из свежих каучуков. Резиновый порошок с размером частиц 1,0 мм широко применяется в дорожном строительстве при модификации битума, используемого для приготовления асфальтовой смеси. Порошковая резина с размером частиц от 0,6 мм до 0,8 мм является весьма эффективной при изготовлении различного рода паст и мастик, которые наносятся на металлические изделия для защиты от коррозии. В строительстве резиновая крошка широко применяется для изготовления гидроизоляционных покрытий, рулонного кровельного материала, резинового шифера и черепицы. Резиновая крошка размером 5,0 мм используется в качестве наполнителя при изготовлении некоторых видов спортивного инвентаря. Из резиновой крошки с размером частиц от 0,6 до 1,2 мм в смеси с текстилем изготавливают сорбенты для сбора нефти и нефтесодержащих продуктов с поверхности воды и почвы.

Сложной задачей является сегодня утилизация изношенных автомобильных покрышек. Наиболее перспективными методами утилизации шин является их механическое измельчение, а также метод измельчения с помощью ультразвука. Амортизированные автошины в утилизаторе перерабатываются в крошку, содержащую металло - тканый корд. Вихревые, аэродинамические сепараторы, нормализаторы и классификаторы позволяют отделять, сепарировать и классифицировать эти материалы в широком диапазоне размеров.

В настоящее время в мире применяется целый ряд технологий по переработке и утилизации ОРТИ в виде изношенных автомобильных шин. В Западных странах активно внедряют новые технологии с применением ОРТИ в виде резиновой крошки измельченных автопокрышек в производстве мелкозернистого бетона по литьевой технологии.

Используя свой и уже имеющийся зарубежный опыт можно решить задачу по утилизации не только прядильных ОРТИ, но и огромных объемов ОРТИ автопокрышек в виде заполнителя или наполнителя в цементных композициях.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Сырьевая смесь для изготовления пенобетона. Патент на изобретение RUS 2348597 04.06.2007. Федосов С.В., Боброва А.А., Сапронова И.А., Щепочкина Ю.А.
2. Сырьевая смесь для изготовления легкого бетона. Патент на изобретение RUS 2353603 02.08.2007. Федосов С.В., Боброва А.А., Сапронова И.А., Щепочкина Ю.А.
3. Бетонная смесь. Патент на изобретение RUS 2320621 20.09.2006. Федосов С.В., Боброва А.А., Сапронова И.А., Щепочкина Ю.А.
4. Бетонная смесь. Патент на изобретение RUS 2321569 14.06.2006. Федосов С.В., Боброва А.А., Сапронова И.А., Щепочкина Ю.А.
5. Сырьевая смесь для изготовления пенобетона. Патент на изобретение RUS 2338727 16.05.2007. Федосов С.В., Боброва А.А., Сапронова И.А., Щепочкина Ю.А.



## **ПРЕЗЕНТАЦИЯ НОВЫХ ОТРАСЛЕВЫХ ИЗДАНИЙ**



### **КРИЧЕВСКИЙ Герман Евсеевич**

доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, член Центрального Правления Общероссийской общественной организации «Нанотехнологическое общество России», президент Российского союза химиков текстильщиков и колористов, эксперт ЮНЕСКО.

**Научные интересы профессора Кричевского Г.Е.:** диффузно-сорбционные явления, гетерогенная химическая кинетика, фотоника окрашенных материалов, медтекстиль, химия и физико-химия производства волокон и текстиля.

## **НБИКС – ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ МИРА И ВОЙНЫ**

Книга с очень емкими по смыслу словами Мир и Война содержит теоретические аспекты нанотехнологий, биотехнологий, информационных, когнитивных и социальных технологий, раскрывает практическое применение НБИКС-технологий в наши дни, дает прогнозы развития НБИКС-технологий в обозримом будущем. Особое внимание уделено практике использования НБИКС-технологий в медицине, энергетике, образовании, военном деле, при создании «умной одежды» и боевого комплекта солдата XXI века.

Издание предназначено для студентов и преподавателей технических вузов, инженеров, специалистов в области нанотехнологий и биотехнологий и рассказывает, как в результате каждодневного использования ожидаемых и совершенно неожиданных результатов синергетики (слияния) и конвергенции (взаимопроникновения) различных технологий меняется наш мир, и какую роль в этом играют НБИКС-технологии.

## **ВОЗРОЖДЕНИЕ ПРИРОДНЫХ КРАСИТЕЛЕЙ**

Обращаясь к читателям, автор книги говорит об «окрашенном», цветном мире природы и сам же раскрывает феномен цвета и окраски. Удивительно, но большая часть первичных веществ и материалов живой природы не имеют окраски! Окрашенными, цветными их делают особые вещества - пигменты, красители. При этом, в природе окрашенных веществ по общей массе в тысячи раз меньше, чем неокрашенных...

В книге нашли своё отражение вопросы истории природных красителей: от начала цивилизации до наших дней, дана их классификация, описаны способы производства и области использования. Ярко и образно рассказано о первых попытках синтеза аналогов природных красящих веществ, положивших начало эре синтетических красителей и анилинокрасочной промышленности, сложной, экологически небезопасной, потребляющей невозобновляемое природное сырьё – нефть. Неслучайно проблемам экологии, токсичности производства и использования синтетических красителей в книге также уделено немало места.

По мнению автора в начале XXI века ситуация в производстве и применении природных красителей существенно меняется: общественность, ученые, а за ними и политики передовых стран сфокусировались на защите окружающей среды, здоровье человека, повышении эффективности возобновляемых источников энергии. В этот тренд вписываются новые «зеленые» технологии и более разумное использование «не вместо, а вместе» синтетических и природных материалов (полимеров, красителей, лекарств и др.).



### **КИСЕЛЁВ Александр Михайлович**

доктор технических наук, профессор, член российского Союза химиков текстильщиков и колористов, член совета по нанотехнологиям при Союзе научных и инженерных обществ России, заведующий кафедрой химической технологии и дизайна текстиля Санкт-Петербургского государственного университета промышленно-ных технологий и дизайна.

**Научные интересы профессора Киселева А.М.:** теоретические и технологические аспекты химической технологии текстильных материалов, нанотехнологические процессы и экологические аспекты в индустрии текстиля, научные основы пенных технологий отделки текстильных материалов.

## **ЭКОТЕХНОЛОГИИ ОТДЕЛКИ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Актуальность данной коллективной монографии как нельзя лучше соответствует приоритетам объявленного в России «Года экологии». В книге дана оценка технологических процессов, красителей и текстильно-вспомогательных веществ (ТВВ), используемых в отделочном производстве текстильных предприятий, с точки зрения их токсикологической и экологической опасности по отношению к человеку и окружающей среде.

Авторский коллектив в составе: В.А. Епишкиной, Р.Н. Целмса и А.А. Буринской при участии и под редакцией профессора А.М. Киселева, представляет комплексный анализ экологической ситуации на отечественных текстильно-отделочных предприятиях, выявляет «болевые точки» основных технологических переходов и дает токсикологическую характеристику красителей и ТВВ с указанием специфики и степени их негативного влияния на биосферу.

Отдельной темой в монографии представлены существующие на сегодня ресурсосберегающие и экологически ориентированные отделочные технологии, основанные на применении низкотемпературной плазмы, газожидкостных систем, среды сверхкритического диоксида углерода, низкомодульных процессов, биоактивных компонентов и др.

Особый интерес представляет информация об авторских экотехнологиях отделки текстиля с использованием пенных сред, бифункциональных активных красителей, рециркулярного способа крашения. На страницах издания изложены научно-технологические принципы построения и реализации совмещенных процессов комплексной отделки текстильных материалов с минимальным или даже полным исключением органических растворителей. Рассмотрена специфика малоотходных технологий печатания и заключительной отделки с использованием органических пигментов и водных дисперсий карбоксилированных синтетических латексов. Пристальное внимание уделено вопросам повышения эффективности обезвреживания и очистки сточных вод и газовых выбросов при реализации описанных технологий, а также соблюдения современных стандартов и нормативных требований к качеству и безопасности текстильной продукции.

Книга, безусловно, будет интересна и полезна работникам текстильной промышленности, специалистам в области стандартизации, охраны окружающей среды и здоровья человека, преподавателям и студентам вузов.



**ТРЕЩАЛИН Михаил Юрьевич**

доктор технических наук, профессор, заместитель декана факультета искусств МГУ имени М.В. Ломоносова.

**Научные интересы профессора Трещалина М.Ю.:** механика сплошных сред, системный анализ, управление и оптимизация технологических процессов, аналитические методы проектирования нетканых материалов

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ, ПРОИЗВОДСТВО И МЕТОДЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Авторский коллектив в составе: М.Ю. Трещалина, М.В. Киселева, Г.К. Мухамеджанова и А.В. Трещалиной представляет 2-е дополненное издание монографии, в которой дан подробный анализ методов проектирования, способов производства, систем сертификации и оценки качества нетканых материалов, предназначенных для использования в различных отраслях промышленности, строительства, сельском хозяйстве, быту, медицине и т.д.

В книге изложены результаты многолетних теоретических и экспериментальных исследований нетканых полотен технического назначения, в том числе представлены аналитические методы определения физико-механических и теплофизических характеристик, на основании которых проведен расчет параметров нетканых материалов, используемых в дорожном строительстве в качестве геотекстильной прослойки в дорожной насыпи, для теплоизоляции инженерных сооружений и отвода излишней влаги.

Отдельная глава посвящена сравнительной оценке технических показателей и эксплуатационных свойств геотекстиля отечественных и зарубежных производителей. Учитывая важность решения проблемы повышения качества нетканых полотен, большое внимание уделено системам стандартизации и сертификации продукции текстильной и легкой промышленности, методикам проведения испытаний и вопросам приборного обеспечения.



**ФЕДОСОВ Сергей Викторович**

академик РААСН, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники, почетный строитель России, президент Ивановского государственного политехнического университета, заведующий кафедрой техносферной безопасности.

**Научные интересы профессора Федосова С.В.:** тепло-массообменные процессы в технологиях производства строительных материалов и изделий, нанотехнологии в структурообразовании композит-бетонов с использованием импульсных, механических и механохимических методов активации.

## **ВТОРИЧНЫЕ МАТЕРИАЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ ИНДУСТРИИ**

В экономике природопользования различные твердые отходы являются, с одной стороны объектами, загрязняющими окружающую среду, а с другой - служат вторичными материальными ресурсами и могут быть использованы в хозяйственных целях, частично (в качестве добавки) либо полностью замещая традиционные виды материально-сырьевых ресурсов. Причем, главной особенностью таких ресурсов является их постоянное воспроизводство, легкость сбора и переработки, экономическая эффективность использования.

В монографии представлены основные классификации вторичных материальных ресурсов, указаны направления утилизации и переработки твердых бытовых отходов, включая отходы растительного сырья, полимеров, текстиля, макулатуры, а также лом металлов, резинотехнические изделия, осадки и шламы очистных сооружений и др. Дана характеристика видов отходов, которые могут быть использованы в современном индустриальном строительстве (жилищном, промышленном, сельскохозяйственном).

Авторский коллектив: Щепочкина Ю.А., Румянцева В.Е., Коновалова В.С. под редакцией академика РААСН С.В. Федосова.

Книга предназначена для научных и инженерно-технических работников строительных организаций, студентов и аспирантов высших учебных заведений.



### **БУЗНИК Вячеслав Михайлович**

доктор химических наук, академик Российской академии наук, заместитель главного редактора журнала «Полимерные материалы и технологии», член редакционных советов журналов: «Структурная химия», «Химия в интересах устойчивого развития», «Химическая технология», «Материаловедение», заместитель председателя Координационного совета по инновационной деятельности и интеллектуальной собственности РАН, координатор консорциума «Фторполимерные материалы и нанотехнологии», начальник лаборатории Всероссийского научно-исследовательского института авиационных материалов.

**Научные интересы академика Бузника В.М.:** неорганические материалы, фторполимерное материаловедение, радиоспектроскопия твердого тела.

## **ФТОРПОЛИМЕРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

Коллективной монографии под таким названием и под редакцией академика В.М. Бузника еще только предстоит выйти из печати, но уже сегодня можно утверждать наверняка, что ей суждено вызвать живой интерес специалистов. Являясь коллективным трудом российских исследователей, работы которых координируются консорциумом «Фторполимерные материалы и нанотехнологии», книга посвящена современным достижениям в области материаловедения фторполимеров.

Фторполимерные материалы, в силу своих, зачастую уникальных, свойств нашли широкое применение в различных областях: от атомной энергетики до медицины и быта. На современном этапе фторполимерное материаловедение вышло на новый качественный уровень в научном и прикладном отношении, а потому необходим его анализ. Данная монография – попытка провести его. Представленный материал достаточно широк по тематике исследований и отображает современные тенденции в создании, исследовании и применении новых фторполимеров. В отдельной главе рассматривается применение фторполимерных материалов в текстильной и легкой промышленности.

В состав авторского коллектива входят представители 14 научно-исследовательских институтов и университетов: Адаменко Н.А., Большасов Е.Н., Бузник В.М., Вавилова С.Ю., Гнеденков С.В., Дяченко В.И., Зибарева И.В., Игнатъева Л.Н., Игумнов С.М., Казуров А.В., Кирюхин Д.П., Кичигина Г.А., Кумеева Т.Ю., Куш П.П., Машталяр Д.В., Мельник О.А., Назаров В.Г., Никитин Л.Н., Охлопкова А.А., Пророкова Н.П., Сафронова Е.Ю., Серов С.А., Синябрюхов С.Л., Слепцова С.А., Соколов В.И., Столяров В.П., Твердохлебов С.И., Хатипов С.А., Цветников А.К., Шиц Е.Ю., Ярославцев А.Б. Рецензии на монографию представлены ведущими российскими специалистами в области полимеров академиком Берлиным А.А. и академиком Хохловым А.Р.

Книга может быть полезной не только для материаловедов — исследователей и практиков, но и для студентов, аспирантов университетов химических и материаловедческих специальностей, а также специалистов в области машиностроения, текстильной и легкой промышленности, строительства и других отраслей, где используются фторполимеры.



#### **ТРЕЩАЛИН Юрий Михайлович**

кандидат технических наук, научный эксперт Комитета нетканых материалов и изделий из них Российского Союза предпринимателей текстильной и лёгкой промышленности (СОЮЗЛЕГПРОМ)

**Научные интересы Трещалина Ю.М.:** механика и термомеханика сплошных сред, текстильное материаловедение, разработка и проектирование композиционных материалов.

### **АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

В монографии молодого ученого изложены современные данные исследований структуры и строения нетканых полотен. Особо пристальное внимание автор уделяет вопросам практического применения полученных знаний.

В частности, в работе приведены сравнительные характеристики конструктивных особенностей различных нетканых полотен ряда наиболее известных российских и зарубежных производителей. Представлены результаты анализа и математического моделирования процесса самопроизвольного впитывания жидкости пористой волокнистой средой, позволяющие определить высоту подъема жидкости в зависимости от пористости материала и времени впитывания, вычислить показатель проницаемости нетканого полотна с учетом физических параметров жидкости и геометрических характеристик материала. Предложены критериальные уравнения для оценки свойств и прогнозирования механических характеристик нетканых материалов.

Издание предназначено для инженеров, аспирантов и научных сотрудников, специализирующихся в области разработки новых материалов, а также текстильного материаловедения.



**КУЗЬМИЧЕВ Виктор Евгеньевич**

доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой конструирования швейных изделий Ивановского государственного политехнического университета.

**Научные интересы профессора Кузьмичева В.Е.:** новые методы конструирования одежды, виртуальное проектирование.

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА ПО КОНСТРУИРОВАНИЮ ШВЕЙНЫХ ИЗДЕЛИЙ**

Новый подход к изданию современной учебной литературы демонстрирует вышедшее в свет учебное пособие для студентов, овладевающих тонкостями искусства создания одежды.

Учебное пособие включает требования к структуре, содержанию и объему основных разделов выпускной квалификационной работы по направлению подготовки бакалавров 29.03.05 Конструирование изделий легкой промышленности (профили Конструирование швейных изделий и Компьютерный дизайн одежды) и отражает особенности ивановской школы моделирования и конструирования одежды.

Книга богато иллюстрирована, в ней подробно изложены требования к выполнению основных разделов ВКР, таких как «Художественная часть», «Конструкторская часть», «Конструкторско-технологическая подготовка модели к промышленному производству», «Информационная часть».

Авторский подход к структурированию учебного материала в инвариантную и вариативные части, и, в то же время, их объединение в одну общую систему, способствует формированию единого представления о структуре, содержании и требований к выполнению ВКР, отвечает требованиям современного промышленного дизайн-проектирования.

Издание предназначено для студентов и аспирантов профильных вузов, их научных руководителей, а также практикующих специалистов.



**ИВАНОВ Владислав Викторович**

кандидат филологических наук, директор по развитию проектов  
ООО «Термопол»

**НЕТКАНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ХОЛЛОФАЙБЕР®: СТРУКТУРА, СВОЙСТВА,  
ПРИМЕНЕНИЕ**

Согласно принятой Правительством РФ программе поддержки легкой промышленности, одно из направлений отрасли, которое на сегодняшний день считается наиболее перспективным на российском и международном рынке — производство нетканых материалов. Предприятий, которые вышли на рынок задолго до кризиса и смогли не только удержаться на плаву в сложных экономических условиях, но и успешно развиваться — единицы. Один из российских лидеров отрасли — компания «Термопол», производитель утеплителей и нетканых материалов и владелец торговой марки Холлофайбер®.

ООО «Термопол» — пожалуй, единственное российское предприятие на рынке нетканых материалов, которое системно инициирует и поддерживает научно-изыскательскую работу, привлекает ученых, выпускает монографии, сборники. Не случайно, в число авторов представленного издания входят директор по развитию проектов компании Иванов В.В. и научные эксперты ведущих российских научных организаций.

В книге приводится описание разновидностей, свойств и областей применения нетканых материалов и изделий Холлофайбер®. Изложены результаты теоретических и экспериментальных исследований структуры и свойств данных материалов различных марок, дается описание изделий из композиционных материалов на основе продукции компании «Термопол».

Издание предназначено для инженеров, аспирантов и научных сотрудников, специализирующихся в области разработки новых материалов, а также широкого круга читателей.



## СОДЕРЖАНИЕ

1	<b>ОЦЕНКА ПОТРЕБНОСТИ ХИМИЧЕСКИХ ВОЛОКОН И НИТЕЙ ДЛЯ ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РОССИИ</b> Е.П. Лаврентьева	4
2	<b>МОДИФИЦИРОВАННЫЕ ПОЛИТЕТРАФТОРЭТИЛЕНОМ ТЕРМОПЛАСТИЧНЫЕ НИТИ, ОБЛАДАЮЩИЕ ВЫСОКОЙ ХЕМОСТОЙКОСТЬЮ</b> Н.П. Пророкова, В.М. Бузник, С.Ю. Вавилова	10
3	<b>ЭЛЕМЕНТАРИЗОВАННОЕ ЛЬНЯНОЕ ВОЛОКНО: ОТ ИССЛЕДОВАНИЙ К ВНЕДРЕНИЮ</b> И.Ю. Ларин, О.Н. Гатаулин, А.П. Морыганов	13
4	<b>РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ РЕПЕЛЛЕНТНОЙ ОТДЕЛКИ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ</b> О.И. Одинцова, А.А. Прохорова	18
5	<b>СОЮЗЛЕГПРОМ: НОВЫЙ ВЗГЛЯД УЧАСТНИКОВ ОТРАСЛИ НА ОРГАНИЗАЦИЮ ЦЕЛЕВОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ НАУКИ И ПРОИЗВОДСТВА.</b> А.В. Разбродин	24
6	<b>НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КАК НЕОТЪЕМЛЕМЫЙ ФАКТОР ВНЕДРЕНИЯ ИННОВАЦИЙ (НА ПРИМЕРЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЗАВОДОВ НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ «ТЕРМОПОЛ», ХОЛЛОФАЙБЕР™)</b> В.В. Иванов, Е.В. Мезенцева	25
7	<b>ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА НЕТКАНОЙ ОСНОВЕ В ГРАЖДАНСКИХ СЕКТОРАХ ЭКОНОМИКИ РОССИИ</b> Ю.М. Трещалин	32
8	<b>ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ</b> М.Ю. Трещалин	36
9	<b>РАЗРАБОТКА НОВЫХ СТРУКТУР ТКАНЕЙ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ И ТЕХНОЛОГИЙ ИХ ИЗГОТОВЛЕНИЯ</b> С.Д. Николаев	43
10	<b>ОГНЕЗАЩИТНАЯ И КОМПЛЕКСНАЯ ОТДЕЛКА ТЕХНИЧЕСКОГО ТЕКСТИЛЯ ИЗ ЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ И СМЕШАННЫХ ВОЛОКОН</b> Э.А. Коломейцева, А.П. Морыганов	49
11	<b>ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССОВ ФОРМОВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ СТЕКЛО- И УГЛЕПЛАСТИКОВ</b> Г.В. Малышева	58
12	<b>ОПЫТ РАЗРАБОТКИ И ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ПОЛУЧЕНИЯ ГАЗОДИФфуЗИОННЫХ ПОДЛОЖЕК ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ОСНОВЕ КОМПОЗИТОВ ИЗ УГЛЕРОДНЫХ ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ</b> А.А. Лысенко, В.А. Лысенко, М.В. Крисковец	60

13	<b>МЕТОДЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЦЕЛЬНОТКАНЫХ 3D ПРЕФОРМ</b> А.М. Киселев, В.Ю. Селиверстов, М.В.Киселев	67
14	<b>ВИРТУАЛЬНАЯ РЕАЛЬНОСТЬ КАК ОСНОВА НОВОЙ КОММУНИКАТИВНОЙ СРЕДЫ И ВЗАИМОСВЯЗИ ПРОИЗВОДИТЕЛЯ И ПОТРЕБИТЕЛЯ ОДЕЖДЫ</b> В.Е. Кузьмичев	72
15	<b>МОБИЛЬНЫЕ ПЛОСКОСВОРАЧИВАЕМЫЕ ТРУБОПРОВОДНЫЕ СИСТЕМЫ: РАСЧЁТЫ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ, ОСВОЕНИЕ НОВОГО ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВЕННОГО НАПРАВЛЕНИЯ</b> Б.А. Бахарев, С.Г.Степанов	78
16	<b>БИОПОЛИМЕРНЫЕ ВОЛОКНИСТЫЕ МАТЕРИАЛЫ С КОМПЛЕКСАМИ ПОРФИРИНА ДЛЯ МЕДИЦИНЫ</b> А.А. Ольхов, П.М. Тюбаева, О.В. Староверова, С.Г. Карпова, А.В. Лобанов, А.Л. Иорданский	81
17	<b>НЕТКАНЫЕ МЕМБРАННЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОФОРМОВАНИЯ ИЗ МОДИФИЦИРОВАННЫХ РАСТВОРОВ ПОЛИЭФИРУРЕТАНОВ</b> В.В. Миронцева, Г.М. Коваленко, Е.С. Бокова, К.С. Стежка Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Москва)	85
18	<b>ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ НАНОПОРИСТЫХ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ЛЬНЯНОГО ВОЛОКНА И Na- МОНТМОРИЛЛОНИТА</b> О.В. Лепилова	89
19	<b>БИОЗАЩИТНАЯ ОТДЕЛКА ЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ ТКАНЕЙ ПРЕПАРАТАМИ С НАНОЧАСТИЦАМИ СЕРЕБРА</b> Н.С. Дымникова	95
20	<b>ВЛИЯНИЕ КОМПОНЕНТОВ ПОЛИМЕРНОЙ СИСТЕМЫ НА ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА ЛЬНОВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ</b> С.В. Алеева	102
21	<b>РАЗРАБОТКА МНОГОСЛОЙНЫХ ПОРИСТЫХ УГЛЕРОД- УГЛЕРОДНЫХ КОМПОЗИТОВ ДЛЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ НА ОСНОВЕ НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ</b> Я.О. Перминов, А.А. Лысенко, О.В. Асташкина, Е.С. Свешникова	108
22	<b>ВЛИЯНИЕ ВИДА АНКЕРОВКИ НА АДГЕЗИЮ КОМПОЗИТНОЙ АРМАТУРЫ К БЕТОНУ</b> И.В. Караваев, В.Е. Румянцева, В.С. Коновалова	115
23	<b>ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ МОДИФИКАЦИИ КОМПОЗИТОВ НАНОДИСПЕРСНЫМ ДИОКСИДОМ КРЕМНИЯ</b> С.А. Кокшаров, Н.Л. Корнилова, Ю.А. Шаммут	117

24	<b>ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМОИНИЦИИРУЕМЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ КЛЕЯЩЕГО И АРМИРУЮЩЕГО КОМПОНЕНТОВ ПОЛИМЕРНО-ВОЛОКНИСТОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА</b> Н.Л. Корнилова, Ю.А. Шаммут, С.А. Кокшаров	124
25	<b>ЗАДАЧИ НАНОСТРУКТУРНОЙ МОДИФИКАЦИИ БИОПОЛИМЕРНОЙ СИСТЕМЫ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЭФФЕКТИВНЫХ ФИТОСОРБЕНТОВ</b> С.В. Алеева, О.В. Лепилова	130
26	<b>ИССЛЕДОВАНИЕ НАНОВОЛОКНИСТЫХ ПОКРЫТИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОФОРМОВАНИЯ С ДОБАВЛЕНИЕМ ГИАЛУРОНОВОЙ КИСЛОТЫ</b> А.В. Евтушенко, Д.Б. Рыклин, Р. Милашиус	137
27	<b>НОВЫЙ ХЕЛАТНЫЙ СОРБЕНТ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ</b> В.И. Грачек, А.П. Поликарпов, А.А. Шункевич, Р.В.Марцынкевич, О.И. Исакович	140
28	<b>УПРАВЛЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ СВОЙСТВАМИ КОМПОЗИЦИОННОГО ПЛЕНОЧНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ ШВЕЙНЫХ ИЗДЕЛИЙ</b> Л.И. Бондаренко, О.В. Метелева	147
29	<b>ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАДИСПЕРСНОГО ФТОРОПЛАСТА НА ПРОЦЕСС ФОРМОВАНИЯ И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЛИПРОПИЛЕНОВЫХ НИТЕЙ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ СТАБИЛИЗИРОВАННЫМИ ПОЛИЭТИЛЕНОМ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИМИ НАНОЧАСТИЦАМИ</b> Н.К. Масляков, С.Ю. Вавилова, Н.П. Пророкова, Ю.М. Базаров	152
30	<b>МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ФОТОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТКАНИ С ПОКРЫТИЕМ, ОБЛАДАЮЩИМ ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ</b> К.А. Ерзунов, Т.Ю. Кумеева, Н.П. Пророкова	157
31	<b>ИННОВАЦИИ В ПОЛУЧЕНИИ АРМИРУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ ЛЬНЯНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ БИОПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ</b> С.А. Кокшаров	161
32	<b>ОСОБЕННОСТИ ПРОТЕКАНИЯ ПРОЦЕССОВ БИОКОРРОЗИИ, ЕЕ ОЦЕНКИ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ</b> С.А. Логинова, В.Е. Румянцева, Т.В. Чеснокова, Б.Е. Нармания	168
33	<b>РАЗВИТИЕ МИКРООРГАНИЗМОВ НА ПОВЕРХНОСТИ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ</b> С.А.Логинова, В.Е. Румянцева, Т.В.Чеснокова, В.С. Коновалова, Д.Т. Гиляздинов	170
34	<b>МОДИФИКАЦИИ ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТА</b> Шанюонг Джан, Т.А. Меркулова	173
35	<b>НОВЫЕ ВИДЫ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ</b> Е.П. Лаврентьева, М.П.Михайлова	178

36	<b>РАЗРАБОТКА СОСТАВА ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЗАЩИТНОГО СЛОЯ ОТ СВЧ-ИЗЛУЧЕНИЙ НА ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛАХ</b> В.В. Сафонов, А.Е. Третьякова, В.Б. Иванов, И.Д. Капаева	183
37	<b>ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ШЕРОХОВАТОСТИ ДИСКА ДЛЯ ЗАМАСЛИВАНИЯ НИТЕЙ ИЗ ОКСИДА АЛЮМИНИЯ</b> А. В. Медведев, К. Э. Разумеев	185
38	<b>НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТИ ВОЛОКНИСТЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ ПОВЫШЕНИЕ АДГЕЗИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ</b> В.А. Нелюб	188
39	<b>МЕТОДИКА ОЦЕНКИ КИНЕТИКИ ПРОЦЕССОВ ПРОПИТЫВАНИЯ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ</b> А.С.Бородулин	189
40	<b>ТЕХНОЛОГИИ ПРОШИВКИ УГЛЕРОДНЫХ ТКАНЕЙ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ПРЕФОРМ</b> И.А.Буянов	191
41	<b>ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СВОЙСТВ АППАРАТНОЙ ПРЯЖИ ИЗ РЕГЕНЕРИРОВАННОЙ АНГОРСКОЙ ШЕРСТИ</b> Н.С. Скуланова, А.А. Михайлова, В.В. Малиновский	193
42	<b>ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФОРМАЦИОННО-ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ АНТИМИКРОБНЫХ ХИРУРГИЧЕСКИХ ПОЛИКАПРОАМИДНЫХ НИТЕЙ</b> О.А. Москалюк, Т.Ю. Анущенко, В.А. Жуковский, Е.С. Цобкалло	195
43	<b>ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПРИРОДНЫХ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ КАК КОМПОНЕНТОВ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ МЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ</b> М.А. Куринова	201
44	<b>РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ УЗОРЧАТОЙ РАСЦВЕТКИ ДЕКОРАТИВНЫХ ТКАНЕЙ С ОДНОВРЕМЕННЫМ ПРИДАНИЕМ ИМ КОМПЛЕКСА ЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ</b> С.А. Давыдов, В.А. Епишкина	206
45	<b>ДЕФОРМАЦИЯ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ</b> Н.А. Фролков	210
46	<b>ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ СВОЙСТВ ШЕРСТЯНЫХ МАТЕРИАЛОВ В ПРОЦЕССАХ КОЛОРИРОВАНИЯ В ПРИСУТСТВИИ СВОБОДНОРАДИКАЛЬНЫХ ИНТЕНСИФИКАТОРОВ</b> А.Н. Аитова, А.А. Буринская	213
47	<b>ОБОСНОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ЭЛЕМЕНТАРИЗОВАННОГО ЛЬНОВОЛОКНА</b> А.В. Баранов, И.Ю. Ларин, А.П. Морыганов	220
48	<b>РАЗРАБОТКА НОВЫХ СТРУКТУР КРЕПОВЫХ ТКАНЕЙ ИЗ НАТУРАЛЬНОГО ШЁЛКА</b> О. А. Ахунбабаев	225

49	<b>ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ СТРУКТУР ТРЕХОСНЫХ ТКАНЕЙ</b> Е.О. Грузина, Т.Ю. Карева	230
50	<b>СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД В ПРОЕКТИРОВАНИИ МАСКИРОВОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ</b> Белова И.Ю., Метелёва О.В., Шаммут Ю.А.	233
51	<b>РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ НАПРАВЛЕННОСТИ ВОЛОКОН В ВОЛОКНИСТЫХ СТРУКТУРАХ</b> С.В. Ершов, Е.Н. Калинин	238
52	<b>СОЗДАНИЕ ТКАНЫХ КОМПОЗИТНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ</b> Г.И. Толубеева, Е.Н.Калинин, В.Б.Кузнецов, Т.Ю.Карева	243
53	<b>ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ ПРИМЕНЕНИЯ ИСТОЧНИКОВ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ В ТЕКСТИЛЬНОМ ОТДЕЛОЧНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ</b> О.Г. Циркина, Е.Л. Владимирцева, Л.В. Шарнина, В.Е. Румянцева	246
54	<b>НАНОРАЗМЕРНЫЕ СИСТЕМЫ В ПРОЦЕССАХ ОТДЕЛКИ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ</b> Т.А. Пантелеева, Л.А. Жук, В.В. Жидкова, Н.В. Дашенко, А.М. Киселев	250
55	<b>ОЦЕНКА НАПРЯЖЕННОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ УГЛЕРОДНОЙ ТКАНИ «УРАЛ» НА БЕСЧЕЛНОЧНОМ ТКАЦКОМ СТАНКЕ СТБ</b> О.В.Кашеев, М.М.Кашеева	256
56	<b>ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ НАНЕСЕНИЯ МИКРОКАПСУЛИРОВАННЫХ ВЕЩЕСТВ С ИЗМЕНЯЕМЫМ ФАЗОВЫМ СОСТОЯНИЕМ НА ТЕКСТИЛЬНЫЙ МАТЕРИАЛ</b> О.Р. Левшицкая, Д.Б. Рыклин	262
57	<b>ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СМЕШИВАНИЯ КОМПОНЕНТОВ ЛЕНТАМИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПРЯЖИ ДЛЯ РУЧНОГО ВЯЗАНИЯ</b> А.Д. Зиновьева	266
58	<b>СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ АРМИРУЮЩИХ МНОГОСЛОЙНЫХ ТКАНЕЙ И 3D ТКАНЫХ ПРЕФОРМ</b> В.Т. Сергеев	268
59	<b>РАЗРАБОТКА ДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ БАТАННОГО МЕХАНИЗМА ТКАЦКОГО СТАНКА ТИПА СТР</b> А.Т. Мирзокандов, А.А. Тувин	274
60	<b>СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОРОКОВ ПАРАШЮТНЫХ ТКАНЕЙ МАЛОЙ ПОВЕРХНОСТНОЙ ПЛОТНОСТИ ПРИ ВЫРАБОТКЕ ИХ НА СТАНКАХ DORNIER AWS И СТБ-2-220</b> О.А. Каракова	280

61	<b>ФОТОГРАФИКИ В ЖАККАРДОВОМ ТКАЧЕСТВЕ</b> Н.А. Мальгунова, А.М. Киселев, О.И. Буренева, А.В. Болдырева	283
62	<b>ПЛЕТЕНИЕ: ПРОШЛОЕ, НАСТОЯЩЕЕ, БУДУЩЕЕ</b> О.Н. Коваленко, А.А. Тувин	289
63	<b>КОНЦЕПЦИЯ РАЗРАБОТКИ НОВОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ БОЕВОЙ ОДЕЖДЫ ПОЖАРНОГО</b> Д.В. Сорокин, А.Л. Никифоров, И.М. Чистяков, С.Н. Животягина, Е.В. Стрижак	295
64	<b>АНАЛИЗ ЗАЖИМНЫХ МЕХАНИЗМОВ ТРЕПАЛЬНЫХ МАШИН С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАСЧЕТА</b> А.С. Чувиляева, Н.И. Коваленко, С.Н. Разин	298
65	<b>СИСТЕМАТИЗАЦИЯ ТРЕБОВАНИЙ К ПУШНО-МЕХОВОМУ ПОЛУФАБРИКАТУ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ПРОЦЕССА ПРОЕКТИРОВАНИЯ МЕХОВОЙ ОДЕЖДЫ</b> М.А. Гусева, Е.Г. Андреева	301
66	<b>СПОСОБ ПОСТРОЕНИЯ КОМБИНИРОВАННЫХ ПЕРЕПЛЕТЕНИЙ С ВИЗУАЛЬНЫМ ЭФФЕКТОМ ПОПЕРЕЧНЫХ ОБЪЕМНЫХ ЗИГЗАГОВ НА БАЗЕ ТЕНЕВЫХ САРЖ</b> Толубеева Г.И., Мирошниченко Д.А.	307
67	<b>ФОРМОЗАКРЕПЛЕНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ЛИНИЙ И УЧАСТКОВ ЖЕНСКОГО НАРЯДНОГО ПЛАТЯ</b> О.В.Радченко, Т.С.Политика, Е.И.Манакин.	313
68	<b>ПОДГОТОВКА АНТРОПОМЕТРИЧЕСКОЙ БАЗЫ ДАННЫХ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ИЗГОТОВЛЕНИЯ КАПЮШОНОВ, ЭКРАНИРУЮЩИХ ВОЛОСИСТУЮ И ЛИЦЕВУЮ ЧАСТИ ГОЛОВЫ</b> А.Г Молькова ., И.Ю Белова	318
69	<b>ПРЕИМУЩЕСТВА И ПРОБЛЕМЫ РЕАЛИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИИ ПРЯМОЙ СТРУЙНОЙ ПЕЧАТИ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ</b> Н. А. Тихомирова, А. В. Захарова, А. М. Киселев	322
70	<b>ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТРУКТУР ЗАЩИТНЫХ ТКАНЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ КОМБИНИРОВАННЫХ ОГНЕ- И ТЕРМОСТОЙКИХ НИТЕЙ</b> П.Е. Сафонов, Н.М. Левакова, С.С. Юхин	328
71	<b>ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КОКОНОМОТАЛЬНОГО СТАНКА КИТАЙСКОГО ПРОИЗВОДСТВА</b> Ф.А.Хошимов, Г.Г.Мавлянбердиева	333
72	<b>РАЗРАБОТКА НОВЫХ СТРУКТУР ШИРОКИХ ПОСТЕЛЬНЫХ ТКАНЕЙ</b> М. М. Мирзахонов, Г. Н. Валиев, Ж. К. Жабборов	333
73	<b>ВЛИЯНИЕ ВОЛОКНИСТОГО СОСТАВА НА СВОЙСТВА ПОЛИКОМПОНЕНТНЫХ ТКАНЕЙ</b> Д.У.Арипджанова, Д.А.Хабибуллаев, М.Р.Мадумарова	340

74	<b>РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ШЕЛКА-СЫРЦА ИЗ ПОВРЕЖДЁННЫХ КОКОНОВ</b> У.О.Ахунбабаев, Г.Г.Асраров, И.И.Туйчиев	344
75	<b>ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА НАИМЕНЬШИХ КВАДРАТОВ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАТРАТ МОЩНОСТИ</b> А.В. Крылов, Т.П. Туцкая, Фомин Ю.Г.	347
76	<b>ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ КРУТИЛЬНОГО УСТРОЙСТВА С ШАРИКОВОЙ НАСАДКОЙ</b> З.Эркинов, А.Атаханов, Н.Одилхонова	351
77	<b>СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОТЖИМА В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИНАХ БЫТОВОГО НАЗНАЧЕНИЯ</b> С.А. Гончарова, А.А. Тувин, Ю.Г. Фомин	356
78	<b>ВЛИЯНИЕ МИКРОНЕЙРА ХЛОПКОВОГО ВОЛОКНА НА КАЧЕСТВО ПРЯЖИ</b> Х. Парпиев, С.Тожимирзаев, З.Эркинов, Д.Парпиев	358
79	<b>СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАЗРЫХЛЕНИЯ ШЕЛКОВОГО ВОЛОКНА</b> И. И. Туйчиев, Г. Н. Валиев, У. О. Ахунбабаев	362
80	<b>РАЗРАБОТКА НЕПРЕРЫВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ КРАШЕНИЯ СМЕСЕВЫХ ТКАНЕЙ НА ОСНОВЕ ХЛОПКОВОГО И ПОЛИЭФИРНОГО ВОЛОКНА</b> М.Б.Шамукимова, И.А.Набиева, А.А.Миратаев, Х.А.Эргашева	367
81	<b>ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ СТРОЕНИЯ И ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА НОВЫХ СТРУКТУР КРЕПОВЫХ ТКАНЕЙ</b> Б.Э.Джураев, Б.К.Хасанов, О.А.Ахунбабаев, М.М.Мирзахонов	370
82	<b>ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВОЛОКОН И НИТЕЙ</b> О.Р. Касимов, А.Д. Даминов, Х.А. Алимova, Х.Х. Умурзакова	374
83	<b>О ПРИМЕНЕНИИ ГЕОТЕКСТИЛЯ ДЛЯ ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ КАНАЛОВ И ВОДОЕМОВ</b> Р.Р. Аллямов, Е.Н. Никифорова, А.А. Максимов	377
84	<b>СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ НОРМАТИВНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА ТЕХНИЧЕСКОГО ТЕКСТИЛЯ В ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНОМ КОМПЛЕКСЕ</b> Н.А. Грузинцева, Б.Н. Гусев, В.Е. Румянцева, И.В. Красильников	380
85	<b>ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТЕКСТИЛЬНОЙ ОБИВКИ АВТОМОБИЛЬНЫХ СИДЕНИЙ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НОРМАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ ТРУДА ВОДИТЕЛЯ</b> А.П. Башков, Г.В. Башкова	387
86	<b>ТОНКОСТЕННЫЕ ГРУНТОБЕТОННЫЕ КОНСТРУКЦИИ, АРМИРОВАННЫЕ ТЕКСТИЛЬНЫМИ ВОЛОКНАМИ И МАТЕРИАЛОМ НА ПРИМЕРЕ КУПОЛЬНЫХ ЗДАНИЙ</b> И.А.Гандельсман, Л.В. Закревская, П.А. Любин	392

87	<b>ГЕОРЕШЕТКА ДЛЯ ОЗЕЛЕНЕНИЯ ГРУНТА</b> Ю.А. Щепочкина	397
88	<b>ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ АСПЕКТЫ УТИЛИЗАЦИИ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ</b> И.А. Сапронова, Д.А.Сапронов	400

*Научное издание*

**XX Международный научно-практический форум**

**ФИЗИКА ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ:  
СТРУКТУРА, СВОЙСТВА, НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ И МАТЕРИАЛЫ**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ**

**(SMARTEX – 2017)**

Ответственный за выпуск  
Техническое редактирование  
Компьютерная верстка  
Дизайн обложки

А.П. Новикова  
Н.В. Рагозина  
Н.А. Онипченко  
А.П. Новикова

Статьи публикуются в авторской редакции

Подписано в печать 16.05.2017. Формат 1/8 60x84.  
Усл. печ. л.24,4. Уч. - изд. л. 23,3 Тираж 50 экз. Заказ №

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет»  
153000, г. Иваново, ул. 8 Марта, 20  
Адрес в Интернете: [www.ivgpu.com](http://www.ivgpu.com)

Отпечатано в АО «Информатика»  
153032, г. Иваново, ул. Ташкентская, 90