

**Министерство образования и науки Российской Федерации  
Департамент образования Ивановской области  
Совет ректоров вузов Ивановской области**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования**

**ИВАНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ТЕКСТИЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ ИВГПУ**

**ИНСТИТУТ ХИМИИ РАСТВОРОВ РАН**

**КОНЦЕРН «НАНОИНДУСТРИЯ»**

**XVII международный научно-практический  
семинар**

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

**(SMARTEX-2014)**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ**

**28 – 30 мая 2014 года**

Иваново 2014

Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SmarTex-2014) [Текст]: сборник материалов XVII международного научно-практического семинара (28-30 мая 2014 года). – Иваново: Текстильный институт ИВГПУ, 2014. – с.

Рецензенты:

Д-р техн. наук, проф. М.В. Шаблыгин (Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина), канд. техн. наук, доц. Ю.В. Коноплев (Текстильный институт ИВГПУ), д-р техн. наук, проф. Н.П. Пророкова (Институт химии растворов РАН), д-р хим. наук, проф. Н.В. Усольцева (Ивановский государственный университет), канд. физ.-мат. наук, проф. В.Н. Виноградова (Текстильный институт ИВГПУ), д-р техн. наук, проф. А.К. Изгородин (Текстильный институт ИВГПУ).

## **Научный комитет**

### **Сопредседатели:**

**Проф. Алоян Р.М.**

чл. – корр. РААСН, ректор Ивановского государственного политехнического университета (г. Иваново, Россия)

**Prof. Dr. Ibrahim Aman**

вице-президент Kafr El-Sheikh University (г. Кафр-эль-Шейх, Египет)

**Prof. Dominique Adolphe**

Президент AUTEX (Universite de Haute, Эльзас, Франция)

**Проф. Изгородин А.К.**

зав. кафедрой физики и нанотехнологий УЦСГЕН Ивановского государственного политехнического университета (г. Иваново, Россия)

**Федорова Т.А.**

руководитель дирекции ТП «Текстильная и легкая промышленность» (г. Казань, Республика Татарстан, Россия)

**Prof. Dr. El Sayed El Nashar**

Kafr El-Sheikh University (г. Кафр-эль-Шейх, Египет)

**Проф. Астахов М.В.**

научный руководитель Информационно-аналитического центра «Нанотехнологии и наноматериалы» НИТУ «МИСиС» (г. Москва, Россия)

**Проф. Усольцева Н.В.**

руководитель регионального учебно-научного центра «Наноматериалы» Ивановского государственного университета (г. Иваново, Россия)

**Проф. Захаров А.Г.**

директор Института химии растворов им. Г.А. Крестова РАН (г. Иваново, Россия)

**Проф. Беляев И.В.**

руководитель научно-исследовательского Центра ОАО НПО «Магнетон» (г. Владимир, Россия)

**Проф. Мизеровский Л.Н.**

гл. н. сотр. Института химии растворов им. Г.А. Крестова РАН (г. Иваново, Россия)

**Проф. Богуслав Нечкар**

Технический университет г. Либерец (Чехия)

**Проф. Патрушева Т.Н.**

ст. н. сотр. Института химии и химической технологии Сибирского отделения РАН (г. Красноярск, Россия)

**Д.т.н. Пророкова Н.П.**

вед. н. сотр. Института химии растворов им. Г.А. Крестова РАН (г. Иваново, Россия)

**Д.т.н. Пономаренко А.Т.**

гл. н. сотр. Института синтетических полимерных материалов им. Н.С.Ениколопова РАН (г. Москва, Россия)

**Петелин А.В.**

исполнительный директор ООО «Ивановская текстильная компания» (г. Иваново, Россия)

**Проф. Шаплыгин М.В.**

Московский государственный университет дизайна и технологий, Текстильный институт имени А.Н.Косыгина

**Проф. Кричевский Г.Е.**

президент РСХТК, сопредседатель секции «Легкая промышленность» НОР, Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского, Институт текстильной и легкой промышленности (г. Москва, Россия)

**Академик РААСН,**

**проф. Федосов С.В.**

Президент Ивановского государственного политехнического университета (г. Иваново, Россия)

**Проф. Чистобородов Г.И.**

Проректор-директор Текстильного института ИВГПУ (г. Иваново, Россия)

## ПЕРЕЧЕНЬ ДОКЛАДОВ И РЕЦЕНЗЕНТЫ

№ п/п	Название доклада и авторы	Рецензент	Стр.
1	<p><b>РАЗРАБОТКА ИННОВАЦИОННЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ИХ ИЗГОТОВЛЕНИЯ В ИВАНОВСКОМ ТЕКСТИЛЬНОМ КРАЕ</b></p> <p>А.К.Изгородин, А.В.Петелин, Д.Ю.Трусов</p>		8
2	<p><b>КЛАСТЕРНАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ИНВЕСТИРОВАНИЯ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ОСНОВЕ КРИТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ</b></p> <p>Л.Н. Абуталипова, Т.А. Федорова, В.В. Хамматова</p>		11
3	<p><b>КРИТЕРИАЛЬНОЕ УРАВНЕНИЕ МАССОБМЕНА ПРИ СУШКЕ ЛЬНЯНОЙ ТРЕСТЫ ВЫСОКОЙ ПЛОТНОСТИ</b></p> <p>Н.В.Киселев, А.Г.Носов</p>		15
4	<p><b>ИССЛЕДОВАНИЕ АДСОРБЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ В УСЛОВИЯХ НИЗКОЧАСТОТНОГО УЛЬТРАЗВУКОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ</b></p> <p>Шибашов А.В., Липин А.А.</p>		21
5	<p><b>MANUFACTURE OF SMART FABRICS BY SURFACE MODIFICATION OF CONDUCTIVE MDMO-PPV</b></p> <p>Nurbas M, Dindas B</p>		26
6	<p><b>К РАСЧЕТУ ВКЛАДА ВНУТРЕННЕГО ВРАЩЕНИЯ В ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ ДЛЯ МОЛЕКУЛ С ДВУМЯ ВРАЩАЮЩИМИСЯ ГРУППАМИ</b></p> <p>Кухтина Е.А., Виноградова В.Н., Годнева М.И</p>		29
7	<p><b>ТЕХНИЧЕСКИЕ ТКАНИ ДЛЯ РТИ</b></p> <p>М.П. Михайлова. Л.А. Мальков, В.С. Колтунчиков</p>		34
8	<p><b>ПРЕИМУЩЕСТВО НЕТКАНЫХ ПОЛОТЕН «ХОЛЛОФАЙБЕР» ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОМПОЗИТОВ И ИЗДЕЛИЙ ИЗ НИХ</b></p> <p>Ю.М. Трещалин, А.Н. Боначев, М.Ю. Трещалин, М.В. Киселев</p>		39

9	<b>УЛУЧШЕНИЯ СВОЙСТВ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КОНКУРЕНТОСПОСОБНЫХ ИЗДЕЛИЙ</b> Э.А. Хамматова		44
10	<b>К ВОПРОСУ О ПОВЫШЕНИИ КАЧЕСТВА ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ВОЛОКОННЫХ АРАМИДНЫХ МАТЕРИАЛОВ</b> В.Ю. Лакунин, Г.Б. Складорова, М.М.Шаблыгин		48
11	<b>НОВЫЕ МЕТОДЫ ПРИДАНИЯ ОГНЕСТОЙКОСТИ ТЕКСТИЛЬНЫМ МАТЕРИАЛАМ</b> Р.Н.Сабирзянова, И.В.Красина		51
12	<b>К ВОПРОСУ О МОЛЕКУЛЯРНОЙ И НАДМОЛЕКУЛЯРНОЙ УПОРЯДОЧЕННОСТИ В ВОЛОКНООБРАЗУЮЩИХ ПОЛИАМИДАХ</b> М.В. Шаблыгин		55
13	<b>ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРОРАЗРЯДНОЙ НЕЛИНЕЙНОЙ ОБЪЕМНОЙ КАВИТАЦИИ НА СВОЙСТВА РАСТВОРОВ КИСЛОТНЫХ КРАСИТЕЛЕЙ</b> О.Я.Семешко		57
14	<b>НОВЫЙ ПОДХОД К ПОЛУЧЕНИЮ ПОЛИПРОПИЛЕНОВЫХ НИТЕЙ, НАПОЛНЕННЫХ НАНОРАЗМЕРНЫМИ МЕТАЛЛСОДЕРЖАЩИМИ ЧАСТИЦАМИ</b> Н.П. Пророкова, С.Ю. Вавилова		61
15	<b>ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ПОЛИПРОПИЛЕНОВЫХ НИТЕЙ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАНОКОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ ЧАСТИЦ, ИММОБИЛИЗОВАННЫХ В ПОЛИЭТИЛЕНЕ</b> А.А.Седова, А.В.Умников, Н.П.Пророкова, С.Ю. Вавилова		64
16	<b>МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛООВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ НАТУРАЛЬНОГО МЕХА В УСЛОВИЯХ ВЕТРОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ (Сообщение 1)</b> Р. Х.Зарипова		67
17	<b>МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛООВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ НАТУРАЛЬНОГО МЕХА В УСЛОВИЯХ ВЕТРОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ (Сообщение 2)</b> Р. Х.Зарипова		71

18	<b>КОМПЬЮТЕРНАЯ ОЦЕНКА ХАРАКТЕРИСТИК ВОРСИСТОСТИ ТКАНИ</b> Смирнова В.С., Павлов С.В.		75
19	<b>СНИЖЕНИЕ ВИБРАЦИИ ОСНОВОВЯЗАЛЬНЫХ МАШИН</b> В.В.Капралов, Г.И.Чистобородов		79
20	<b>РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ТЕРМОВЛАЖНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ</b> М.К.Кошелева, С.П. Рудобашта, А.В.Пичугин		82
21	<b>ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ПОЛИПРОПИЛЕНОВЫХ НИТЕЙ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАНОКОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ МАРГАНЕЦСОДЕРЖАЩИХ ЧАСТИЦ, ИММОБИЛИЗОВАННЫХ В ПОЛИЭТИЛЕНЕ</b> Е.А.Кожевина, Н.В.Паршинцева, Н.П.Пророкова, С.Ю.Вавилова, А.Е.Завадский		86
22	<b>ВЛИЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНОЙ МОДИФИКАЦИИ МЕРИНОСОВЫХ ВОЛОКОН В ПРОЦЕССЕ ПЕРВИЧНОЙ ОБРАБОТКИ ШЕРСТИ НА СОДЕРЖАНИЕ МАССОВОЙ ДОЛИ ОСТАТОЧНЫХ НЕШЕРСТЯНЫХ КОМПОНЕНТОВ</b> Слепнева Е.В., Хамматова В.В.		88
23	<b>СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА СВОЙСТВ НЕТКАНОГО МАТЕРИАЛА, СОДЕРЖАЩЕГО МОДИФИЦИРОВАННОЕ ЛЬНОВОЛОКНО РАЗЛИЧНОГО СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ</b> Е.Л. Пашин		93
24	<b>НАПРАВЛЕННОЕ СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕ РАСТВОРОВ ПОЛИМЕРОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СИНТЕТИЧЕСКИХ КОЖ</b> Коваленко Г.М., Бокова Е. С., Лаврентьев А.В.		98
25	<b>РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ БЛОКИРОВАНИЯ НИТОЧНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В УТЕПЛЕННОЙ ОДЕЖДЕ НА ПЕРО-ПУХОВОМ УТЕПЛИТЕЛЕ</b> Дьяконова Е.В., Метелева О.В., Бондаренко Л.И.		102
26	<b>КРАШЕНИЕ ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНОГО ВОЛОКНИСТОГО МАТЕРИАЛА ЖИВОТНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЛАЗМЕННОЙ ТЕХНОЛОГИИ</b> Р.Ф.Гайнутдинов		107

27	<b>МОДИФИКАЦИЯ ПОВЕРХНОСТИ ЦЕЛЛЮЛОЗНОГО ВОЛОКНА ДЛЯ ПРИДАНИЯ ГИДРОФОБНЫХ СВОЙСТВ</b> А.К. Баданова		109
28	<b>СКРЕПЛЯЮЩИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ СПЕЦОДЕЖДЫ</b> Микрюкова О.Н., Ульвачева Л.А., Макарова Н.А., Бесшапошникова В.И.		113
29	<b>ЛЬНОСОДЕРЖАЩИЕ ТКАНИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АНТИМИКРОБНЫХ НАНОМОДИФИЦИРОВАННЫХ ХИМИЧЕСКИХ ВОЛОКОН</b> Грищенкова В.А., Шаповалова Е.И., Кудрявцева Т.Н.		118
30	<b>РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ И АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СВОЙСТВ ТЕКСТИЛЬНЫХ ПОЛОТЕН</b> Смирнова Н.А., Замышляева В.В., Лапшин В.В.		121
31	<b>ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ РАБОТЫ ЭКСТРУДЕРА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПОЛИПРОПИЛЕНОВЫХ ПЛОСКИХ НИТЕЙ</b> Меркулова Т.А.		124
32	<b>ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОВРЕЖДАЕМОСТИ НИТИ НА ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ АРМИРУЮЩЕГО ТРИКОТАЖА</b> Сарыбаева Э.Е., Башкова Г.В., Байжанова С.Б.		127
33	<b>ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗВРЕДНЫХ ТРИКОТАЖНЫХ ГЕОПОЛОТЕН С УЧЕТОМ ИХ КАПИЛЛЯРНЫХ СВОЙСТВ</b> Башков А.П., Башкова Г.В., Соколова С.В.		132
34	<b>РАЗРАБОТКА КОМПОНЕНТНОГО СОСТАВА И ТЕХНОЛОГИИ ФОРМИРОВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ НАНОКОМПОЗИТОВ НА ВОЛОКНИСТОЙ ОСНОВЕ</b> А.К. Изгородин, В.Р.Геворкян, А.Г.Пухов, Д.Ю.Трусов		
35	<b>ЧЕРНЫЕ ДЫРЫ</b> Гянис А.С.		
36	<b>МАГНИТОСФЕРА И ПЛАЗМОСФЕРА ЗЕМЛИ</b> Иванов А.С.		
37	<b>ВЛИЯНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ И МАГНИТНЫХ БУРЬ НА ЧЕЛОВЕКА</b> Зайчиков М.А.		

## **РАЗРАБОТКА ИННОВАЦИОННЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ИХ ИЗГОТОВЛЕНИЯ В ИВАНОВСКОМ ТЕКСТИЛЬНОМ КРАЕ**

А.К.Изгородин<sup>1</sup>, А.В.Петелин<sup>2</sup>, Д.Ю.Трусов<sup>3</sup>

<sup>1</sup>УЦСГЕН ИВГПУ, <sup>2</sup>ООО «Текстильная компания», <sup>3</sup>ООО «Солтэк»

Положение дел в текстильной отрасли России в настоящее время нельзя считать удовлетворительным. Текстильная отрасль нашей страны удовлетворяет потребности России в современном техническом и медицинском текстиле, по данным разных источников, всего на 14-17%; импортная составляющая продукции текстильной и легкой промышленности превышает 65%, примерно 40% этой продукции не имеет конкурентоспособных аналогов в нашей стране. При этом, по данным Всемирной торговой организации, за последние 15 лет в мире товарооборот текстильной и легкой промышленности возрос в 2÷2,5 раза и составляет около 270 млрд. долларов США. Доля России в мировом товарообороте составляет всего около 2%, доля Китая- 30%, что эквивалентно около 80 млрд. долларов США в стоимостном выражении.

Доля предприятий, осуществляющих разработку и внедрение инновационных технологий в России, по данным авторов стратегической программы исследований технологической платформы "Текстильная и легкая промышленность" составляет около 10%, а доля этих предприятий в других странах достигает 75%.

В связи с проблемами в работе текстильной отрасли России, неспособностью ее удовлетворить стратегические интересы страны Президент, Председатель правительства и его заместители издали ряд Постановлений и Поручений, являющихся основой общероссийских и локальных программ развития текстильной отрасли России: Перечень поручений Председателя Правительства Российской Федерации В.В. Путина "По вопросам развития текстильной промышленности в Российской Федерации № ВП - П9-6722 от 23.09.2011 года; Поручение Председателя Правительства Российской Федерации В.В. Путина о разработке ассортимента форменного обмундирования с повышенными функциональными и потребительскими свойствами от 23.11.2011г. № ВП-П11-8378; Постановление Правительства Российской Федерации от 30.03.2012г. № 269 о разработке новых инновационных материалов для функционирования силовых структур и защиты военнослужащих от воздействия огне-биофакторов, электромагнитных и магнитных полей; Поручения заместителя Правительства Российской Федерации И.И. Сечина от 18.04.2011г. № ИС-П9-190 и от 19.01.2012г. № ИС-П9-190 о внедрении в производство новых сырьевых ресурсов и технологий.

Технический и медицинский, в том числе "умный" текстиль, по данным литературы и последних франкфуртской, а также ганноверской выставок составляет в разных странах 70-80%. Россия обеспечивает себя собственным текстилем только на 17%. Германия поставляет в Россию этого текстиля на 50 млрд. \$, в Германии организованы 16 НИИ текстильного профиля и 119 предприятий по производству оборудования для текстильной отрасли (в России 3 НИИ и 3 предприятия, у которых текстильная отрасль составляет некоторую долю). Стратегическое значение современной текстильной отрасли во многих странах уже осознано, в ближайшее время это произойдет и в России. В приведенной ниже таблице представлены отдельные примеры из литературы и наших исследований по использованию функциональных композитов и нанокompозитов на волокнистой основе.

Таблица

№	Область использования	Вид композитов и нанокompозитов на волокнистой основе
1	Ракетно-космический комплекс	Конструктивные элементы с пониженной массой и повышенной прочностью: использование углеродных волокон и нанотрубок
2	Оборонная промышленность	Сенсоры и микросенсоры, носители информации, микроэлектроника, микропроцессоры, «Невидимые объекты»
3	Авиация и автомобилестроение	Шумо-вибро-термоизоляция
4	Энергетика и нанoeлектроника	Солнечные батареи, защитные от электромагнитных волн ткани
5	Защитная многофункциональная одежда в России для силовых структур (400000 человек), работников МЧС (150000 человек), полярников, спортсменов, космонавтов (50000 человек), различных отраслей промышленности (250000 человек)	Магнитные ткани, повышающие адаптационно-регенерационные функции организма, нормализующие работу всех систем организма человека, особенно нервной в экстремальных условиях; защитная одежда от вибрационного, акустического, электромагнитного, химического, биологического и термического воздействий
6	Медицина (около 1 млрд. человек на Земле)	Реализация магнитотерапии с использованием магнитных тканей
7	Различные виды инженерной деятельности	Пьезоэлектрики, мультиферроики, спинтроники, электропроводники на волокнистой основе
8	Сельское хозяйство	Геотекстиль, магнитные ткани

Из приведенных в таблице данных видно, что производство функциональных и многофункциональных материалов на волокнистой основе весьма перспективно. Город Иваново следует отнести к числу благоприятных для организации бизнеса в этой сфере по нескольким причинам:

- есть специалисты по созданию волокнистой основы различной структуры и разных способов ее формирования- тканые и нетканые полотна;
- методы формирования волокнистых композитов, содержащих функциональные компоненты, как показывает наш и зарубежный опыт, могут быть реализованы с использованием отделочного оборудования, которое на ивановских предприятиях проектировали, производили и эксплуатировали;
- для производства композитов на волокнистой основе могут быть использованы имеющиеся специалисты, прошедшие переподготовку в течение около 2-6 месяцев.

На кафедре физики и нанотехнологий ИГТА (теперь ИВГПУ) разработаны компонентный состав и технология изготовления магнитных тканей и нетканых полотен, позволяющих уже сейчас решать некоторые из перечисленных в таблице задач- 3,5,6. На полупромышленных установках получены магнитные ткани методами иммобилизации и импрегнирования, создающие магнитное поле  $5\div 70$  мТл, которое достаточно для реализации магнитотерапии, повышения адаптационно-регенерационных функций организма человека в экстремальных условиях. Получены образцы функциональных и многофункциональных композитов на волокнистой основе защитных от электромагнитных и акустических волн, вибраций, а также повышенных и пониженных температур, отличающихся повышенными термо- и морозостойкостью.

Изготовленные магнитные костюмы испытаны совместно с кафедрой медицинских катастроф и лабораторией физиотерапии областной больницы в условиях, приближенных к условиям тушения пожара. У лиц, пользовавшихся магнитными костюмами, улучшились два важнейших показателя, используемых в Европе и Северной Америке: снизился показатель «биологический возраст», улучшился показатель «индекс здоровья».

Магнитная ткань, являясь источником магнитного поля, гибкой и прочной может быть использована для изготовления нижней и верхней одежды, посредством швейной технологии, а затем для реализации профилактики и лечения различных заболеваний, совместив это с выполнением людьми различных действий на работе и в быту.

Производство нужно начать с изготовления магнитных тканей и нетканых полотен по следующим причинам: эта ткань эффективна и как защитная – для людей, высокоточной аппаратуры и объектов энергетики, так и магнитотерапевтическая - в магнитотерапии нуждаются около 1млрд. людей на Земле. Магнитную ткань пока не производят за рубежом; технология получения магнитной ткани у нас наиболее полно разработана; на промышленную технологию изготовления магнитной ткани реально получить новые патенты.

Получены 11 патентов на: материалы, используемые для изготовления функциональных компонентов, состав функциональных нанокompозитов на волокнистой основе, способы и устройства для изготовления указанных нанокompозитов.

Наша подготовленность реализовать задачу по созданию указанного выше производства подтверждена экспертами мирового сообщества: серебряная медаль бельгийской выставки (2011г.), золотая медаль женеvской выставки (2013г.), диплом федеральной службы по интеллектуальной собственности (Брюссель - Эврика 2008г.), диплом международной академии наук (Великобритания) за лучший доклад по исследовательской работе в рамках секции: "Безопасность деятельности человека".

Для производственного участка потребуется:

- установка для активирования волокнистой основы в низкотемпературной плазме при атмосферном давлении;
- установка для иммобилизации частиц магнитного материала в ткань;
- участок для реализации экстракционно-пиролитического способа получения волокнистых нанокompозитов;
- лаборатория контроля исходных материалов и получаемой продукции;
- магнитная система на постоянных магнитах для текстурирования и намагничивания тканей;
- химическая лаборатория с необходимым оборудованием;
- помещение, отопление, канализация, энергообеспечение.

Одновременно с подготовкой производственного участка необходимо провести комплекс мероприятий по оценке рынка и экономической эффективности магнитной и других тканей.

Производственный участок может быть в собственности предпринимателя или государства.

В случае успешной работы, в последующем, можно начать производство тканей защитных от электромагнитного излучения, от воздействия акустических волн и вибраций, от воздействия химических и биологических факторов, а также функциональных композитов и нанокompозитов инженерного назначения.

В настоящее время получены исполнителями работы результаты, являются новыми:

- при рассмотрении наших заявок на 11 патентов мы и эксперты не нашли аналогов в России и за рубежом;
- на Брюссельской выставке наша разработка была удостоена серебряной медали;
- на Женевской выставке наши разработки удостоены двух золотых медалей;
- дипломами наши разработки отмечены на выставках инноваций в Москве и Иванове;

- на Международной конференции (2012г.), которая была проведена в Великобритании. Доклад А.К. Изгородин признан лучшим по секции "Безопасность жизнедеятельности человека".

Из анализа экспонатов на международных выставках во Франкфурте, Ганновере, Брюсселе, Женеве, Москве следует, что функциональные и многофункциональные нанокompозиты на волокнистой основе в России и за рубежом пока не производят.

Проведение предлагаемых разработок и внедрение результатов – создание производственных участков, а затем и производств позволит России и Ивановскому региону быть лидером в производстве инновационных функциональных нанокompозитов на волокнистой основе и обеспечивать как потребности нашей страны, так и экспортировать эту продукцию за рубеж.

УДК 677

## **КЛАСТЕРНАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ИНВЕСТИРОВАНИЯ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ОСНОВЕ КРИТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Л.Н. Абуталипова, Т.А. Федорова, В.В. Хамматова

Казанский национальный исследовательский технологический университет  
venerabb@mail.ru

Рассматривается вопрос образования кластерной технологической модели инвестирования инновационной деятельности на основе применения критических технологий в условиях формирования новой экономической системы, функционирующей в рамках информационного общества. Такая модель позволит повысить конкурентоспособность как нескольких отраслей, так и государства в целом. Основу кластера должны составлять кластерообразующие предприятия – производители конечной продукции и предприятия, оказывающие базовые для кластера услуги, владеющие практическими технологиями. Предлагается создать единый государственный орган по науке, научным направлениям с учетом приоритетных направлений, отдав ему полностью весь контроль и исполнение данного вопроса в поддержке специальных структур, непосредственной задачей которых является выстраивание сетевой инфраструктуры будущего кластера.

**Ключевые слова: ПРОМЫШЛЕННЫЙ, РЕГИОНАЛЬНЫЙ, ЛОКАЛЬНЫЙ И  
ИННОВАЦИОННЫЙ КЛАСТЕР, ИННОВАЦИИ, КРИТИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ**

## **CLUSTER TECHNOLOGICAL MODEL OF INVESTMENT OF INNOVATION ACTIVITY ON THE BASIS OF CRITICAL TECHNOLOGIES**

Abutalipova L.N., Fedorova T.A., Hamatova V.V.  
Kazan national research technological University  
venerabb@mail.ru

Considered education cluster technological model of investment in innovative activity on the basis of application of critical technologies in the formation of a new economic system functioning within the information society. This model will allow to increase the competitiveness of several industries and the country in General. The basis of the cluster must be cluster-forming enterprises - manufacturers of the end products and company, providing the base for cluster services, possessing practical technologies. It is proposed to create a single state Agency on science, scientific directions given priority areas, giving him the full control and execution of this issue in the support of special structures, the immediate task of which is building a network infrastructure of the future cluster.

Начало третьего тысячелетия характеризуется переходом общества на новый этап развития, часто называемый постиндустриальным, информационным, посткапиталистическим, который обладает рядом особенностей, нашедшим своё отражение в трудах многих выдающихся исследователей социально-экономических трансформаций современности [1-5]. В качестве его основных черт, как правило, выступают глобализация, нарушившая экономическую независимость государств, изменения в информационно-технологической среде, повлекшие за собой социальные изменения, изменения в процессе производства, а так же, как их следствие, организационные трансформации.

В условиях формирования новой экономической системы, функционирующей в рамках информационного общества, все большее внимание уделяется вопросу образования кластеров [3].

Мировой опыт показывает высокую эффективность кластерного подхода модернизации экономики с целью повышения ее конкурентоспособности. В широком смысле кластерный подход предполагает, что каждая отрасль не может рассматриваться отдельно от остальных. Становление базовой отрасли служит толчком к развитию отраслей-поставщиков и отраслей-потребителей, а также сегментов услуг, образуя «кластер экономической активности».

В мировой практике выделяют два основных подхода к формированию кластера:

Первый – классический либеральный, предложенный в 80-е годы XX века М.Портером. В его основу была положена самоорганизация экономических агентов в рамках «свободного рынка». Данный подход не предполагает прямого государственного вмешательства государства, в том числе и с позиции поддержки кластера.

Второй подход, который чаще называют «полюса конкурентоспособности» основан на партнерстве бизнеса и властей, как центральных, так и местных. Данное направление стало развиваться во Франции со второй половины 2000-х годов, в связи с заинтересованностью государства в глобальной конкурентоспособности своей экономики, что выражается в оказании различных форм государственной поддержки.

Исследователи, как правило, выделяют три типа кластеров: промышленный региональный или локальный, и инновационный кластер.

Под промышленным кластером чаще понимают группу родственных взаимосвязанных отраслей промышленного комплекса, наиболее успешно специализирующихся в международном разделении труда.

Региональный или локальный кластер - группа географически сконцентрированных компаний из одной или смежных отраслей и поддерживающих их институтов, расположенных в определенном регионе, производящих схожую или взаимодополняющую продукцию и характеризующихся наличием информационного обмена между фирмами-членами кластера и их сотрудниками [6].

Третий тип кластеров - инновационный кластер. Здесь есть разные точки зрения на его природу. Так ряд авторов считают, что инновационный кластер – это целенаправленно сформированная группа предприятий, функционирующих на базе центров генерации научных знаний и бизнес - идей, подготовки высококвалифицированных специалистов. Предложенное определение инновационного кластера, безусловно, сужает системное понятие «инновационный» как способный эффективно приспосабливаться к изменениям внешней среды, но является рабочим и позволяет поставить задачу как точного описания подобного кластера, так и измерения степени его инновационности, адекватный системным изменениям.

Инновационный кластер это целостная система новых продуктов и технологий, взаимосвязанных между собой и сконцентрированных на определенном отрезке времени и в определенном экономическом пространстве. Но, при этом, степень инновационности кластера должна, по нашему мнению, выразиться в качественных и количественных характеристиках, отражающих степень интеграции в состав кластера центров генерации

научных знаний, центров генерации бизнес - идей, центров подготовки высококвалифицированных специалистов; долю выпуска инновационной и наукоемкой продукции в общем объеме производства и характеристики рынков сбыта этой продукции [7].

В связи со значительным усложнением экономики и технологий, инновационный процесс также усложнился, стал охватывать более широкий спектр деятельности, поэтому анализ инновационной деятельности вступил в новую фазу. В настоящее время процесс возникновения инновации обычно рассматривается больше как коллективная, чем индивидуальная деятельность.

Проведенный анализ современной ситуации в области создания и реализации инноваций позволил исследователям выделить пять основных особенностей категории «инновация» на современном этапе, а именно:

во-первых, степенность категории «инновация». В соответствии с эволюционно-революционным подходом к развитию экономических систем – инновация может быть радикальной и постепенной, комплексной и кусковой;

во-вторых, коммерческая составляющая инновации. Если предприятие или группа предприятий не может получить выгоду от реализации инновации, то эта инновация, как правило, выпадает из сферы интересов предприятия;

в-третьих, на современном этапе «рабочей единицей» инновационного процесса становится группа людей или предприятий, совместно разрабатывающих инновационный проект.

в-четвертых, современные инновации возникают и реализуются в условиях активного перехода от индустриальных средств производства к постиндустриальным, а также в условиях смены технологических укладов;

в-пятых, крайне важно, как инновация, а точнее инновационная деятельность организована в пространстве, т.е. территориально.

В концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года предполагается переход экономики к инновационному социально ориентированному типу, который опирается на модернизацию традиционных секторов российской экономики, превращение инноваций в ведущий фактор экономического роста во всех секторах экономики, повышение производительности труда в секторах.

Для отказа от использования устаревших и неэффективных технологий, внедрения современных технологий в экономике России нужна кластерная технологическая модель инвестирования инновационной деятельности на основе критических технологий. Такая модель позволит повысить конкурентоспособность как нескольких отраслей, так и государства в целом. Основу кластера должны составлять кластерообразующие предприятия – производители конечной продукции и предприятия, оказывающие базовые для кластера услуги и владеющие практическими технологиями.

Важной отличительной чертой кластера должен быть фактор инновационной ориентированности в рамках государственно-частного партнерства, что позволит оказывать этому процессу ощутимое материальное и моральное содействие. Таким образом, создается при разработке проект законченного цикла от научно-исследовательских разработок до внедрения в производство и получения готового продукта, который конкурентоспособен на мировом рынке.

На сегодняшний день, система финансирования исследований и разработок в России не соответствует рыночной. Так, спрос на научно-техническую продукцию формируется преимущественно за счет государства, которое вынуждено компенсировать низкую инвестиционную активность бизнеса, а также недостаточную эффективность налоговых, законодательных и других инструментов поддержки научной и инновационной деятельности, в отличие от стран с развитой рыночной экономикой, в которых 60-75% расходов на науку финансирует бизнес. Поэтому отечественная научная система лишь в незначительной степени ориентирована на потребности экономики и общества.

В России не генерируется конкурентная кадровая среда в сфере инновационных проектов и технологий, эта область не привлекательна для высококвалифицированных специалистов, элитных управленцев. В России пока не наблюдается улучшения условий для закрепления в науке профессиональных кадров. Об этом свидетельствует тот факт, что при некоторой стабилизации численности квалификационные и возрастные диспропорции в их структуре усиливаются. Восприимчивость бизнеса к инновационным технологиям остается низкой. Инновационная активность предприятий заметно сдерживается неразвитой институциональной средой. В 2010 г. разработку и внедрение технологических инноваций осуществляли 2485 предприятий отечественной промышленности – 9,4% от их общего числа, что значительно ниже соответствующих показателей для Германии (73%), США 65%, Ирландии (61%), Бельгии (58%), Эстонии (47%), Чехии (41%).

Поддержка государства на первоначальном этапе создания такого кластера должна быть ощутимой как для бизнеса так и для науки.

Формы государственной поддержки кластеров могут быть разнообразными:

- конкретная политика с четко определенной стратегией и выделенным бюджетом, которая охватывает ряд промышленных секторов, сфокусированных на некоторых аспектах развития кластеров: сетевые взаимодействия среди бизнеса или между бизнесом и исследовательскими организациями; стимулирования предприятий в рамках кластерных промышленных систем;
- снижение налоговых нагрузок на предприятия, разрабатывающие и выпускающие инновационную продукцию, приравняв их к инновационным предприятиям.;
- создание единой схемы финансирования в системе получения инновационного продукта НИР – НИОКР - Внедрение в производство инновационного продукта - Поддержка выхода продукта государством на международный уровень.
- снятие ввозных пошлин на комплектующие изделия, для инновационных технологий и внедрений новейшего оборудования не выпускаемых в России;
- прямое финансирование (субсидии, займы), которые достигают 50% расходов на создание новой продукции и технологий;
- предоставление ссуд, в том числе без выплаты процентов;
- целевые дотации на НИР;
- создание фондов внедрения инноваций с учетом возможного коммерческого риска;
- безвозмездные ссуды, достигающие 50% затрат на внедрение новшеств;
- бесплатное ведение делопроизводства по заявкам индивидуальных изобретателей, бесплатные услуги патентных поверенных, освобождение от уплаты пошлин
- поддержка целевым образом выхода этой продукции на рынки развивающихся стран (поддержка участия в зарубежных выставках, юридическая помощь в реализации контрактов на поставку продукции т.п.).

Таким образом, для решения вышеозначенных предложений должен быть создан единый государственный орган по науке, научным направлениям и внедрению в производство с учетом приоритетных направлений, отдав ему полностью весь контроль и исполнение данного вопроса в поддержке специальных структур, непосредственной задачей которых является выстраивание сетевой инфраструктуры будущего кластера. Второй путь предполагает содействие естественному развитию кластеров через адресную поддержку организаций, сумевших стать узловыми в прообразе будущей сети кластера.

Список литературы:

1. Путин В.В. О новых экономических задачах //Ведомости – № 15. – 30.01.2012.
2. Гохберг Л.М. Новая инновационная система для «новой экономики». – М.: ГУ ВШЭ, 2009. – С. 14.
3. Беспалов М.В. Роль и значение инновационных кластеров в существовании национальных и региональных инновационных программ развития //Качество инновации. Образование – № 2. – 2009.

4. Шумпетер Й. Теория экономического развития – М.: Прогресс, 1982. С. 72.
5. Кондратьев Н.Д. Большие циклы конъюнктуры //Проблемы экономической динамики. – М.: Экономика, 1989. – С. 19- 25.
6. Движение регионов России к инновационной экономике /Под ред. А.Г. Гринберга, С.Д. Валентея. Ин-т экономики РАН. – М.: Наука, 2006. – 402 с.
7. Монастырный Е.А. Инновационный кластер //Инновации. – 2006. – № 2. – С. 38-43.

Сведения об авторе:

1. Абуталипова Людмила Николаевна, проектор КНИТУ, профессор, зам.председателя Технологической платформы «Текстильная и легкая промышленность», Казанский национальный исследовательский технологический университет, 420015 г.Казань, Карла Маркса, 68; рабочий +7(843) 2314332, [2314332@mail.ru](mailto:2314332@mail.ru).
2. Федорова Татьяна Алексеевна, профессор, руководитель дирекции Технологической платформы «Текстильная и легкая промышленность», Казанский национальный исследовательский технологический университет, 420015 г.Казань, Карла Маркса, 68; рабочий +7(843) 2314337, мобильный 89030616578; [t.fedorova50@mail.ru](mailto:t.fedorova50@mail.ru).
3. Хамматова Венера Васильевна, зав. кафедрой, профессор, заместитель руководителя дирекции Технологической платформы «Текстильная и легкая промышленность», Казанский национальный исследовательский технологический университет, 420015 г.Казань, Карла Маркса, 68; рабочий +7(843) 2314197, мобильный 89172734410; [venerabb@mail.ru](mailto:venerabb@mail.ru).

Information about author:

1. Abutalipova Ludmila N., KNITU Vice Rector, Professor, Vice-chairman of the Technology Platform "Textile and light industry", Kazan national research technological University, 420015 Kazan, 68, Karl Marx street; working +7(843) 2314332, mobile 89172734410; [2314332@mail.ru](mailto:2314332@mail.ru).
2. Fedorova Tatyana A., Professor, head of the Directorate of the Technological platform for Textile and light industry", Kazan national research technological University. 420015 Kazan, 68, Karl Marx street; working +7(843) 2314337, mobile 89030616578; [t.fedorova50@mail.ru](mailto:t.fedorova50@mail.ru).
3. Hammatova Venera V., head of the Department, Professor, Deputy head of the Directorate of the Technological platform for Textile and light industry", Kazan national research technological University, 420015 Kazan, 68, Karl Marx street; working +7(843) 2314197, mobile 89172734410; [venerabb50@mail.ru](mailto:venerabb50@mail.ru).

УДК 677.027.162

## КРИТЕРИАЛЬНОЕ УРАВНЕНИЕ МАССООБМЕНА ПРИ СУШКЕ ЛЬНЯНОЙ ТРЕСТЫ ВЫСОКОЙ ПЛОТНОСТИ

Н.В.Киселев, А.Г.Носов

Костромской государственной технологической университет

E-mail: [kstu-tplv@yandex.ru](mailto:kstu-tplv@yandex.ru)

Приведены результаты экспериментальных исследований процесса конвективной сушки льняной тресты при плотности 130–180 кг/м<sup>3</sup>, соответствующей максимальной плотности тресты в рулоне комбайновой уборки. Получена зависимость относительной скорости сушки от влажности. Установлено, что в слое высокой плотности небольшие ее колебания вызывают значительные

колебания проницаемости, что отрицательно влияет на относительную скорость сушки. Определены коэффициенты в критериальном уравнении массообмена при конвективной сушке тресты, и показана возможность использования ранее полученного уравнения для диапазона плотности слоя тресты 63–180 кг/м<sup>3</sup>

## ЛЬНЯНАЯ ТРЕСТА, КОНВЕКТИВНАЯ СУШКА, МАССООБМЕН.

### CRITERIAL EQUATION OF MASS TRANSFER DURING THE DRYING OF HIGH DENSITY LINEN STALKS

N.V.Kiselev, A.G.Nosov

Kostroma state technological University

E-mail: kstu-tplv@yandex.ru

Given the results of experimental studies of linen stalks convective drying process with density 130-180 kg/m<sup>3</sup>, corresponding to the maximum stalks density in roll of combine harvesting. The dependence of the relative speed of drying from moisture was obtained. It is established that in the high density layer, a small difference of density cause significant fluctuations of the permittivity, which negatively affects the relative speed of drying. Certain ratios in the criterion equation of mass transfer during convective drying of stalks were found, and the possibility of using the previously obtained equations for the density range 63-180 kg/m<sup>3</sup> was proved

### LINEN STALKS, CONVECTIVE DRYING, MASS TRANSFER

Одной из причин низкой рентабельности производства льняного сырья в Российской Федерации является плохое качество льнотресты, потеря значительной части урожая, связанные с неблагоприятными погодными условиями и несоблюдением сроков уборки. Наиболее надежным способом решения этой проблемы является искусственная досушка льняной тресты непосредственно в рулонах комбайновой уборки, которая может быть организована как в льносеющих хозяйствах, так и непосредственно на льнозаводах перед закладкой сырья на хранение. Существующие сушильные машины для льнотресты в рулонах типа СЛР-3, СЛР-3 М2 и другие не получили широкого распространения, в том числе вследствие недостаточной эффективности. В связи с этим работа по модернизации данной машины, направленная на снижение эксплуатационных затрат, повышение производительности и энергоэффективности, представляется актуальной. При этом на этапе НИОКР необходимы данные об объекте сушки, характеризующие показатели интенсивности массообмена, непосредственно влияющие на скорость сушки.

В работах [1, 2] приведены результаты исследования массообмена при конвективной сушке слоя льняной тресты и получены соответствующие критериальные уравнения вида:

$$Nu_d = C Re^a Pr_d^{0,33} \psi \frac{d_\varepsilon}{H}, \quad (1)$$

где  $\Psi$  – относительная скорость сушки.

Однако данные исследования проводились применительно к слоевой сушке тресты с невысокой плотностью (23–58 кг/м<sup>3</sup> [3], 63–128 кг/м<sup>3</sup> [4]). При прессовании льнотресты в рулоны плотность в средней части рулона может достигать 200 кг/м<sup>3</sup>. Следствием этого является резкое уменьшение числа Рейнольдса [2, ф.3.39]:

$$Re = \frac{\omega_{cl} d_\varepsilon}{\nu} = \frac{\omega d_{cm} \left( \frac{\beta}{P} - 1 \right)}{\nu \left( 1 - \frac{P}{\beta} \right)} = \frac{\omega d_{cm} \beta}{\nu P}, \quad (2)$$

где  $P$  – объемная плотность загрузки тресты, кг/м<sup>3</sup>;

$\beta$  – тяжеловесность льна, кг/м<sup>3</sup>;

$d_{ст}$  – средний диаметр стебля, м;

$d_\varepsilon$  – эквивалентный гидравлический диаметр слоя, м;

$\omega_{сл}$  – скорость воздуха в слое с учетом пористости, м/с;

$\omega$  – скорость воздуха на входе в слой, м/с;

$\nu$  – кинематическая вязкость воздуха, м<sup>2</sup>/с.

Опыты [1] выполнялись при  $Re=220-1000$ , опыты [2] – при  $Re=80-360$ . Можно предположить, что при меньших значениях числа Рейнольдса скорость сушки останется пропорциональной этому критерию, в силу сохранения ламинарного режима, однако коэффициент пропорциональности  $C$  в формуле (1) нуждается в уточнении. В критериальное уравнение (1) входит также относительная скорость сушки, связанная с параметрами самого объекта сушки (влажность, равномерность слоя по плотности, степень рыхления [3]).

Эксперименты выполнялись на модернизированной установке [4], сушка производилась при следующих параметрах: объемная плотность 130–180 кг/м<sup>3</sup>, диаметр стебля 0,8–1,3 мм, длина 0,1–0,14 м, скорость воздуха 0,9–3,2 м/с, температура 73–97°C, начальная влажность тресты 33–73%. Полученные кривые сушки представлены на рис.1.

Обработка полученных данных по методике [4], выполняемая в автоматическом режиме в среде LabVIEW, позволила определить коэффициенты в критериальном уравнении массообмена, а также в уравнении Г.К.Филоненко для относительной скорости сушки.

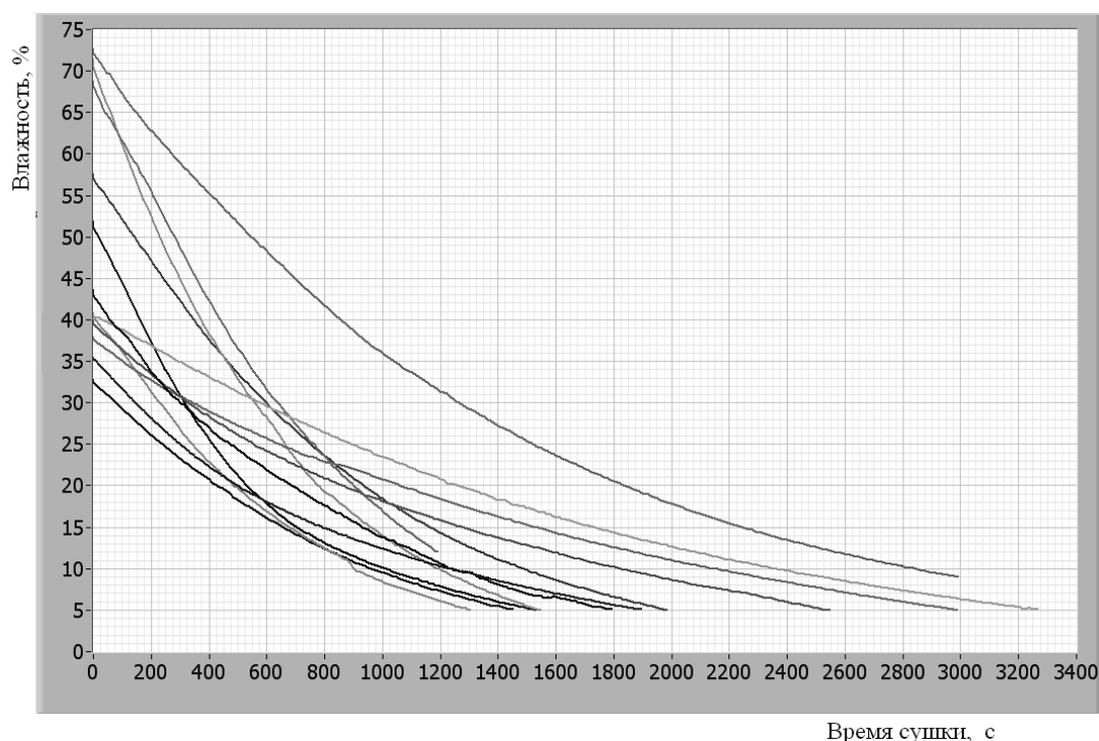


Рис.1. Кривые сушки льняной тресты

Зависимость относительной скорости сушки от разности текущей и равновесной влажности тресты дана на рис.2.

Анализ рис.2 подтверждает, что относительная скорость сушки зависит от однородности слоя, как это указано в [3].

Так, зависимости 1 и 2 для вертикального слоя с низкой плотностью при продольной продувке показывают более высокую относительную скорость сушки вследствие хорошей однородности слоя. Кривая 4, полученная при поперечной продувке слоя, демонстрирует понижение относительной скорости сушки, что объясняется более высокой неоднородностью слоя и увеличением, как следствие, утечек сушильного агента через участки с пониженной плотностью [3]. В слое высокой плотности даже при продольной продувке скорость сушки (кривая 3) снижается, что можно объяснить только повышенной неоднородностью слоя. Действительно, в слое высокой плотности небольшие ее колебания вызывают значительные колебания проницаемости. Это подтверждает рис.3, где

представлено относительное увеличение проницаемости слоя при снижении средней плотности на 10%, рассчитанное по зависимости [6].

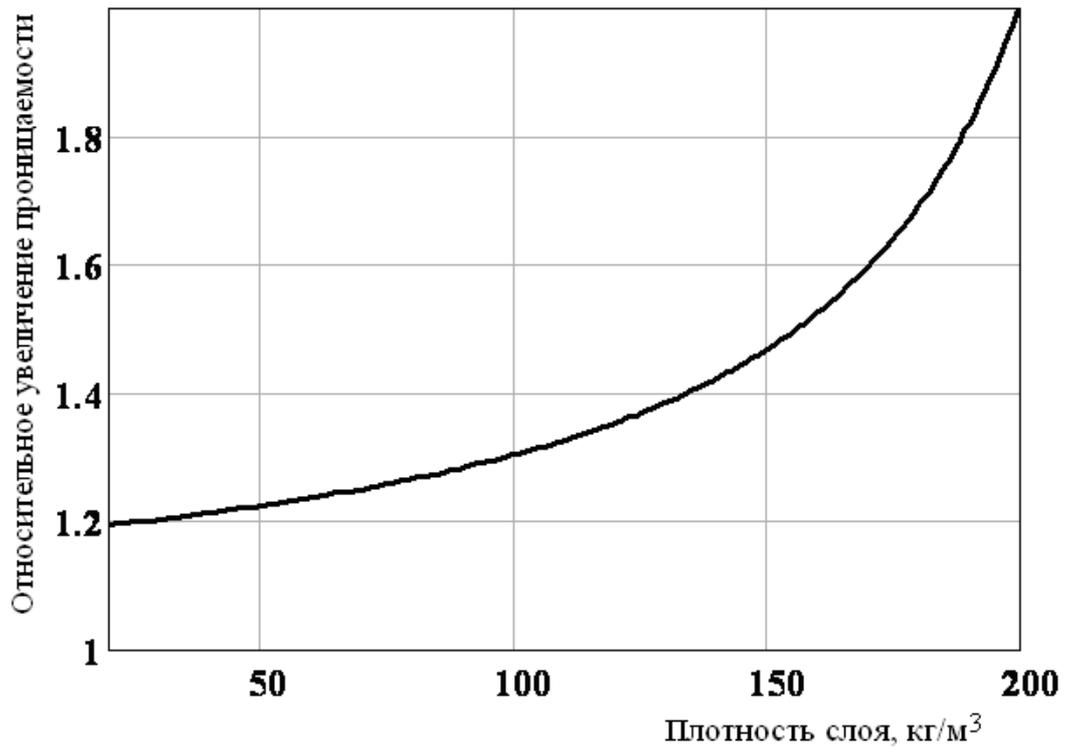


Рис.2. Относительная скорость сушки

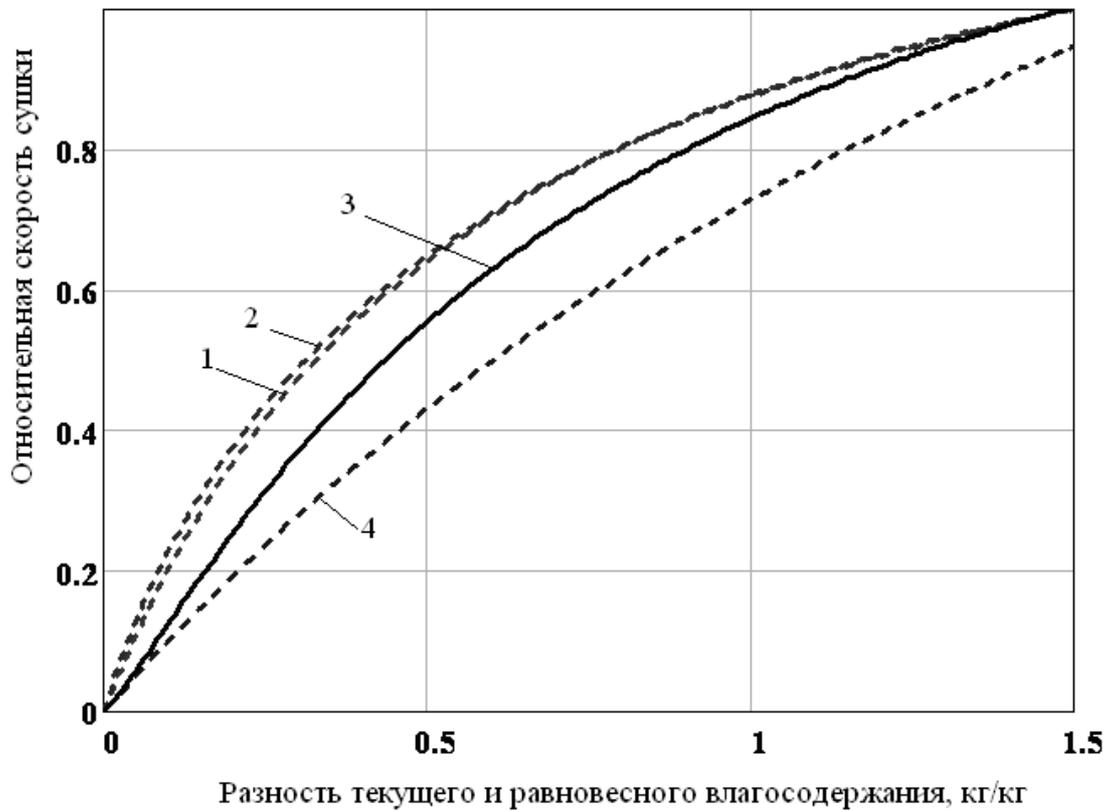


Рис.3. Относительное изменение проницаемости

Таким образом, можно констатировать, что при повышении средней плотности слоя тресты влияние неоднородности слоя по плотности на скорость сушки усиливается.

Определение коэффициентов в критериальном уравнении массообмена (1) выполнялось путем его аппроксимация степенной функцией вида (3), график которой с доверительными интервалами представлен на рис.4.

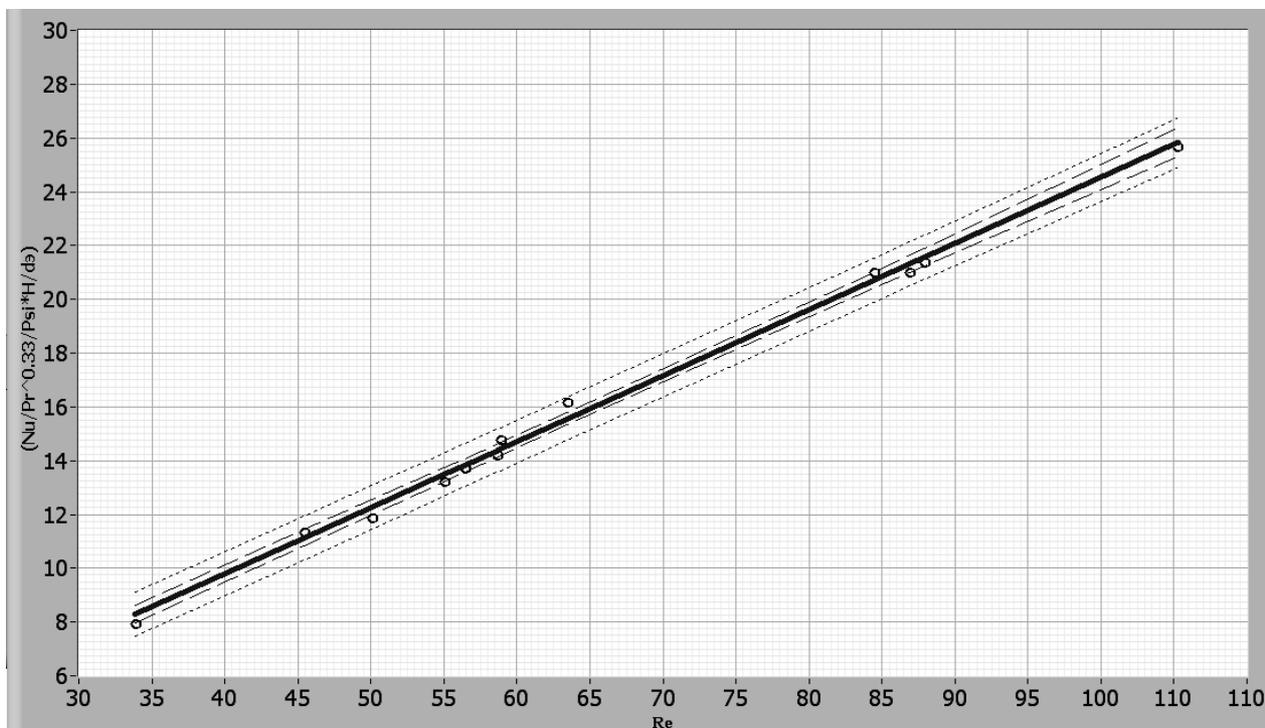


Рис.4. Аппроксимация экспериментальных данных

$$\frac{Nu_d}{Pr_d^{0,33} \psi \frac{d_3}{H}} = C Re^a \quad (3)$$

Коэффициенты регрессии рассчитаны для диапазона влажности 5–50% при числе Рейнольдса 33–110, получено следующее уравнение:

$$Nu_d = (0,244 \pm 0,024) Re^{1,00 \pm 0,023} Pr_d^{0,33} \psi \frac{d_3}{H} \quad (4)$$

Сравнение с аналогичным уравнением для стланцевой льнотресты [2], полученного для тресты плотностью 63–128 кг/м<sup>3</sup>,

$$Nu_d = (0,206 \pm 0,03) Re^{1,01 \pm 0,02} Pr_d^{0,33} \psi \frac{d_3}{H} \quad (5)$$

позволяет отметить, что в слое повышенной плотности (130–180 кг/м<sup>3</sup>), при прочих равных условиях, разница в интенсивности массообмена при конвективной сушке оказалась статистически незначимой.

#### Список литературы

1. Хомуцкий Н.Д. Критериальные уравнения массообмена для тонких лубоволокнистых материалов /Н.Д.Хомуцкий //Иzv.Вузov. Технология текстильной промышленности. – 1964.–№5. – С.27.
2. Васильев Ю.В. Совершенствование технологии и оборудования для сушки стланцевой льняной тресты: дисс. ... канд. техн. наук : 05.02.13, 05.19.02.– Кострома, 2013.
3. Хомуцкий Н.Д. Относительная скорость сушки тонких лубоволокнистых материалов / Н.Д.Хомуцкий // Изв.Вузov. Технология текстильной промышленности. – 1963.–№2. – С.46.
4. Автоматизация исследования в среде LABVIEW процесса сушки льняной тресты / Васильев Ю.В., Киселев Н.В., Пашин Е.Л.. Материалы Всероссийской научно-практической конф. «Производственная инфраструктура: экономические, технико-технологические, организационно-управленческие и информационные аспекты», Кострома, КГУ им.Н.А.Некрасова, 27-28 мая 2011 г., с.25-32
5. Гаврилова А.Н. Уравнение для определения гидравлического сопротивления льносоломы при вертикальном расположении стеблей / А.Н.Гаврилова // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности.–№5.–1968.

#### References

- 1 . Homutsky N,D. (1964) The criteria equations of a mass exchange for thin bast materials.// Proceedings of Higher Education Estab./ Textile Industry Technology, №5, P. 27.
- 2 . Vasilyev Yu.V. (3013) Improvement of technology and equipment for linen stalks drying: Cand.Tech.Sciences // Yu,V.Vasilyev. – Kostroma: FBSEE HEU KSTU.
- 3 . Homutsky N,D. (1963) Relative speed of drying thin bast materials. // Proceedings of Higher Education Estab./ Textile Industry Technology, №2, P. 46.
- 4 . Vasilyev Y,V. Kiselev N,V., Pashin E,L. (2011) Automation research of process of drying linen stalks in the LABVIEW environment /. Materials of All-Russian scientific and practical Conf. "Industrial infrastructure: economic, technical and technological, organizational, administrative and information aspects", Kostroma: Nekrasov Kostroma state University, May 27-28, P. 25-32
- 5 . Gavrilova A,N. (1968) Equation for determination of hydraulic resistance of flax stalks.// Proceedings of Higher Education Estab./ Textile Industry Technology, №5.

#### Сведения об авторах.

Киселев Николай Владимирович – д.т.н., доцент, профессор. Костромской государственный технологический университет. 156005. г. Кострома, ул. Дзержинского, д.17.

тел. (0942) 31-48-14 моб. 9101964206. E-mail: kstu-tplv@yandex.ru

Носов Алексей Геннадьевич – аспирант. Костромской государственный технологический университет. 156005. г. Кострома, ул. Дзержинского, д.17.

тел. (0942) 31-48-14 моб. 9101964206. E-mail: kstu-tplv@yandex.ru

Kiselev Nikolay Vladimirovich – the Dr.Sci.Tech., the associate professor, professor.

Kostroma state technological university

156005 . Kostroma, Dzerzhinsky St., 17.

ph. (0942) 31-48-14 mob. 9101964206

E-mail: kstu-tplv@yandex.ru

Nosov Alexey Gennadevich – the graduate student

Kostroma state technological university

156005 . Kostroma, Dzerzhinsky St., 17.

ph. (0942) 31-48-14 mob. 9101964206

E-mail: kstu-tplv@yandex.ru

## **ИССЛЕДОВАНИЕ АДСОРБЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ В УСЛОВИЯХ НИЗКОЧАСТОТНОГО УЛЬТРАЗВУКОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ**

Шибашов А.В., Липин А.А.

Ивановский государственный химико-технологический университет

[ShibashovAV@gmail.com](mailto:ShibashovAV@gmail.com) [Lipin.a@mail.ru](mailto:Lipin.a@mail.ru)

Широкое применение ультразвука, как интенсифицирующего фактора в различных технологических процессах обуславливает необходимость исследования его рационального использования, в связи с этим в работе изучено влияние низкочастотного ультразвукового поля на адсорбционные свойства полимеров по отношению к воде и водным растворам. Оценку гигроскопичности волокон осуществляли по изменению капиллярности и поглотительной способности при различной длительности ультразвукового воздействия. Выявлено влияние поверхностно-активных веществ на гигроскопические свойства природных полимеров при совместном использовании с ультразвуковым воздействием. Найдено, что каждое волокно нуждается в индивидуальном подходе его обработки, что требует дальнейших исследований модификации природных и синтетических волокон под действием ультразвукового низкочастотного поля.

**Ключевые слова:** Капиллярность, Поглотительная способность, Ультразвук, Кавитационная область, Полимерный материал.

## **THE RESEARCHING OF POLIMERIC MATERIALS ADSORPTIVE ABILITY AT THE LOW-FREQUENCY ULTRASONIC INFLUENCE CONDITIONS**

Shibashov A.V., Lipin A.A.

Ivanovo state university of chemical technology

[ShibashovAV@gmail.com](mailto:ShibashovAV@gmail.com) [Lipin.a@mail.ru](mailto:Lipin.a@mail.ru)

Ultrasound broad application as intensifying factor of various technological processes causes the research of ultrasound rational use. The low-frequency ultrasonic field influence on the polymers adsorptive properties in relation to water and water solutions is studied in present work. Assessment of fibers hygroscopicity carried out on capillarity changing and absorbing ability in various ultrasonic influence duration. Influence of surface-active substances on natural polymers hygroscopic properties is revealed when sharing with ultrasonic influence. It is found that each fiber needs an individual approach of its processing that demands further researches of natural and synthetic fibers modifications under the ultrasonic low-frequency field influence.

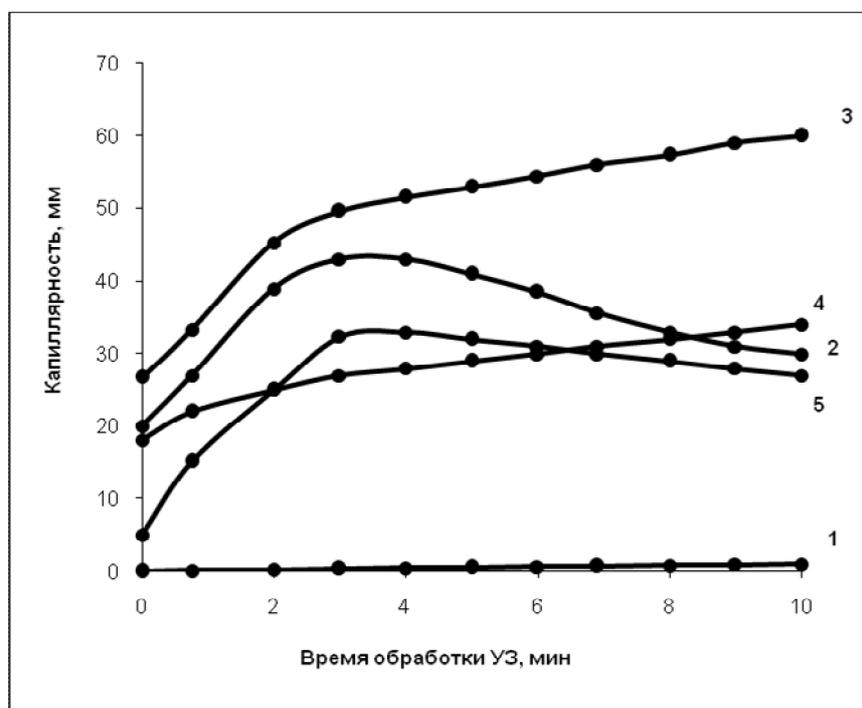
**Keywords:** Capillarity, Absorbing ability, Ultrasound, Cavitation area, Polymeric material.

В области подготовки текстильных материалов создание прогрессивных, высокоэффективных и экологических технологий является актуальной задачей. В настоящее время одним из возможных путей решения данного вопроса представляют работы, направленные на создание современных технологий с использованием физических методов интенсификации процессов подготовки полимерных материалов. Огромный интерес в этой области вызывает использование ультразвуковых колебаний, которые ускоряют тепло- и массообменные процессы, оказывают активирующее воздействие, инициируют и ускоряют протекание химических реакций.

Настоящая работа посвящена изучению влияния низкочастотного ультразвукового поля на гигроскопические свойства полимеров. Для оценки изменения гигроскопических

свойств изучено влияние низкочастотного ультразвукового поля на капиллярность природных и синтетических волокон. В качестве объекта исследования выбраны волокна: природные – хлопок, шерсть и искусственные – вискоза, лавсан, нитрон. Обработку волокна проводили на лабораторной ультразвуковой установке ИЛ-100-6/6 с частотой 22 кГц в течение 1-10 мин. Оценку гигроскопичности волокон осуществляли по определению капиллярности и поглотительной способности [1].

На рис. 1 представлены данные по изменению капиллярности волокон различной природы до и после обработки ультразвуком. Из представленных данных видно, что изменение капиллярности для различных волокон характерно отличается друг от друга. Хлопковое волокно имеет исходную капиллярность равную 0 мм, в процессе обработки ультразвуком она очень незначительно растет и достигает 1 мм за 10 мин (кривая 1). Объясняется такой незначительный рост капиллярности для хлопка тем, что хлопок является природным волокном с очень большим количеством трудноудаляемых сопутствующих примесей, таких как воскообразные, пектиновые, лигнинсодержащие и другие вещества. Поэтому для получения высокой капиллярности для хлопкового волокна требуется более длительное ультразвуковое воздействие и введение в раствор поверхностно-активных веществ.



1. Хлопок 2. Шерсть 3. Вискоза 4. Лавсан 5. Нитрон.

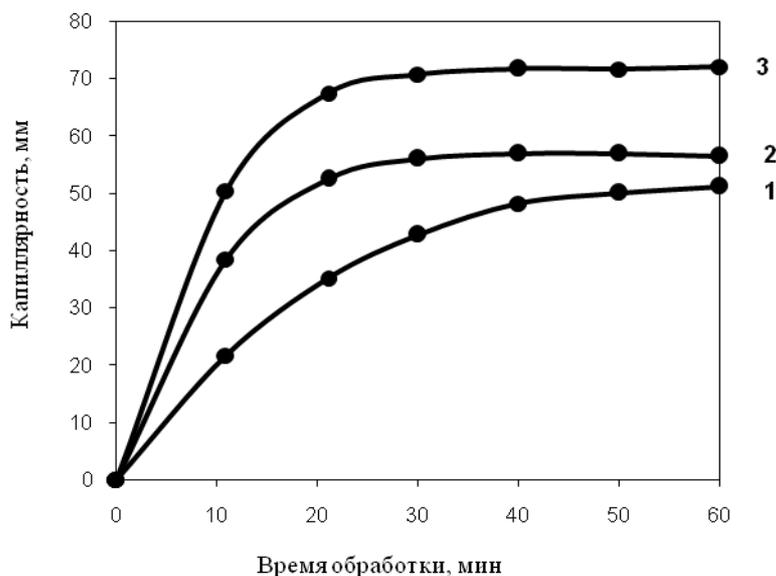
Рис.1. Влияние ультразвуковой обработки на капиллярность различных волокон

С целью выяснения влияния поверхностно-активных веществ на капиллярность хлопкового волокна при ультразвуковом воздействии обработку волокна проводили на лабораторной ультразвуковой установке ИЛ-100-6/6 с частотой 22 кГц в течение 60 мин раствором поверхностно-активного вещества концентрацией 1 г/л. В качестве ПАВ был использован смачиватель ЭМ, представляющий собой смесь оксиэтилированных производных синтетических жирных кислот и динатриевой соли алкилполиоксиэтиленгликолевого эфира сульфоянтарной кислоты.

Рисунок 2 иллюстрирует влияние ультразвукового воздействия на капиллярность хлопкополиэфирной ткани. Полученные результаты показывают, что капиллярность

хлопкополиэфирной ткани после обработки в воде в течение 60 минут составляет 5 мм. Добавление к воде поверхностно-активного вещества повышает капиллярность ткани до 50 мм за 60 минут обработки, такое же значение капиллярности достигается при ультразвуковом воздействии на материал в воде уже за 15 минут.

Повышение капиллярности хлопкополиэфирной ткани при добавлении в воду ПАВ в небольших концентрациях связано с его моющими и смачивающими способностями. Эти способности ПАВ складываются из следующих коллоидно-химических явлений: снижение поверхностного натяжения раствора и улучшение смачивания волокон и загрязнений моющей жидкостью; адсорбция на поверхности волокна и частицах загрязнений ПАВ и создание при этом хорошо гидратированного адсорбционного слоя, обуславливающего возникновение расклинивающего давления; солюбилизация частиц загрязнений, имеющих маслянистый характер [2].



1. Вода – ПАВ; 2. Вода – Ультразвук; 3. Вода – ПАВ – Ультразвук

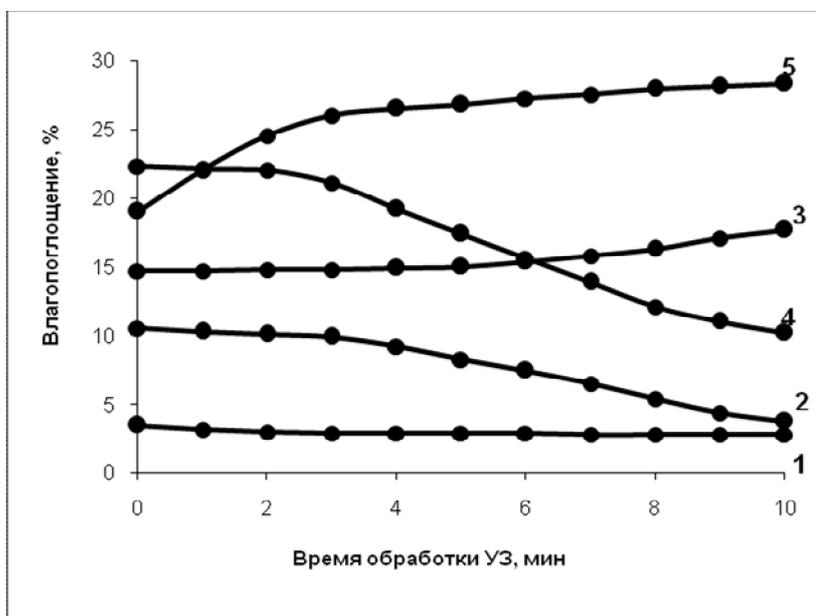
Рис. 2. Влияние поверхностно-активных веществ и ультразвукового воздействия на капиллярность хлопкового волокна

Значительное увеличение капиллярности хлопкополиэфирной ткани под действием ультразвука происходит за счет разрушения поверхностных пленок в жидкости благодаря тому, что при прохождении через жидкость звуковой волны большой интенсивности, возникает акустическая кавитация [3]. В интенсивной звуковой волне во время полупериодов разрежения возникают кавитационные пузырьки, которые резко схлопываются при переходе в область повышенного давления и в кавитационной области возникают мощные гидродинамические возмущения в виде микроударных волн и микропотоков. Микроударные нагрузки характеризуются резким возрастанием давлений до значительной величины, за которым следует столь же быстрое уменьшение нагрузки. Распределение напряжений, вызванных такими нагрузками, отличается локальностью и сильной неравномерностью, что приводит к появлению в пленке загрязнений трещин, а так же её отслоению с поверхности материала. Газовые пузырьки, имеющиеся в толще пленки, пульсируя в звуковом поле и перемещаясь под действием акустических течений, увлекают за собой часть окружающего вещества. Одновременно кавитационные пузырьки, которые являются своеобразным источником ультразвуковых колебаний распыляют мельчайшие капли воды на поверхности пленки, обволакивающей газовый пузырек, что приводит к эмульгированию загрязнений.

Анализируя данные по изменению капиллярности шерстяного волокна, представленные на рис. 1 можно видеть, что кривая имеет экстремальный характер (кривая 2). Исходное волокно имеет капиллярность 20 мм, воздействие ультразвука в течение 3 мин приводит к росту капиллярности до 43 мм, однако увеличение продолжительности обработки ультразвуком до 10 мин снижает капиллярность до 30 мм. Это связано с тем, что в процессе обработки шерстяного волокна температура раствора повышается до 55°C и ударное воздействие ультразвуковой волны приводит к свойлачиваемости и уплотнению шерстяного волокна.

Ультразвуковое воздействие на вискозное волокно благоприятно влияет на капиллярность, так обработка ультразвуком в течение 10 мин повышает капиллярность вискозы с 23 до 60 мм (кривая 3, рис.1). При обработке ультразвуком лавсанового волокна происходит увеличение капиллярности с 18 до 27 мм за 10 мин воздействия (кривая 4, рис.1). Кривая изменения капиллярности для нитрона, носит экстремальный характер (кривая 5, рис.1), как и кривая для шерстяного волокна. Оптимальное время обработки для нитрона ультразвуком является 3 мин, так как капиллярность за это время повышается с 5 мм до 33 мм.

Изучено влияния низкочастотного ультразвукового поля на поглотительную способность природных и синтетических волокон. На рис. 3 представлены данные по изменению поглотительной способности волокон различной природы до и после обработки ультразвуком. Из представленных данных видно, что хлопковое волокно имеет исходную поглотительную способности равную 3,5%, в процессе обработки ультразвуком она очень незначительно падает и достигает 2,9% за 10 мин (кривая 1, рис.3). Некоторое снижение поглотительной способности хлопка объясняется тем, что воска и жиры расположенные на поверхности очагами под действием ультразвука растекаются, образуя тонкую пленку. Поэтому, как показано ранее, для получения высокой поглотительной способности для хлопкового волокна требуется более длительная обработка ультразвуком и введение в раствор поверхностно-активных веществ.



1. Хлопок 2. Шерсть 3. Вискоза 4. Лавсан 5. Нитрон.

Рис.3. Влияние ультразвуковой обработки на поглотительную способность различных волокон

Анализируя данные по изменению поглотительной способности шерстяного волокна (кривая 2, рис.3), можно видеть, что исходное волокно имеет поглотительную способность 10%, воздействие ультразвука в течение 3 мин не изменяет поглотительную способность

шерсти, а при более длительном воздействии даже снижает ее, что связано с уплотнением поверхностного слоя шерстяного волокна. Ультразвуковое воздействие на вязкое волокно положительно влияет на его поглотительную способность, так обработка ультразвуком в течение 10 мин повышает поглотительную способность вискозы с 14% до 18% (кривая 3, рис. 3). Исходное лавсановое волокно имеет поглотительную способность 22%. После обработки ультразвуком лавсанового волокна в течение 10 минут происходит снижение поглотительной способности волокна до 10% (кривая 4, рис.3), что по-видимому также связано с уплотнением поверхностного слоя волокна.

Данные по изменению поглотительной способности для нитрона показывают, что поглотительная способность его растет с увеличением времени воздействия ультразвуком и достигает 28.3% за 10 минут обработки (кривая 5, рис.3).

#### Выводы.

Обобщая, полученные результаты по изменению капиллярности и поглотительной способности волокон различной природы, можно сделать вывод, что каждое волокно нуждается в индивидуальном подходе к его обработке и требует дальнейших исследований изменения свойств природных и синтетических волокон под действием ультразвукового низкочастотного поля.

#### Список литературы.

1. ГОСТ 3816-81. Полотна текстильные. Методы определения гигроскопических и водоотталкивающих свойств. – М. – Издательство стандартов. – 1982. – 12с.
2. Смирнова, С.В. Оценка влияния ТВВ различной природы на крашение шерстяного волокна металлосодержащими красителями / С.В. Смирнова // Известия вузов. Химия и химическая технология – 2007. – т. 50, вып.9.- С.86-89.
3. Маргулис, М.А. Современное состояние теории локальной электризации кавитационных пузырьков / М.А. Маргулис, И.М.Маргулис // ЖФХ. – 2007. – 81, №1. – С. 136-147.

#### References.

1. GOST 3816-81. Cloths textile. Methods of determination of hygroscopic and water-repellent properties. – М. – Standards Publishing House. – 1982. – 12p.
2. Smirnova, S.V. Assessment of influence of TVV of various nature on dyeing of woolen fiber by metal-containing dyes / S.V. Smirnova //News of higher education institutions. Chemistry and chemical technology – 2007. – t. 50, v.9. - Page 86-89.
3. Margulies, M. A. Current state of the theory of local electrization of cavitation bubbles/M A. Margulies, I. M. Margulies//ZhFH. – 2007. – 81, No. 1. – Page 136-147.

#### Сведения об авторах:

1. Шибашов Антон Владимирович

Кандидат технических наук, доцент;

ФГБОУ ГОУВПО Ивановский государственный химико-технологический университет  
153000, РФ, г. Иваново, пр. Шереметевский, д.7.

Раб: +7 (4932) 307346 доп.2-84; Моб: +79206759130

[ShibashovAV@gmail.com](mailto:ShibashovAV@gmail.com)

2. Липин Андрей Александрович

Кандидат технических наук, доцент;

ФГБОУ ГОУВПО Ивановский государственный химико-технологический университет  
153000, РФ, г. Иваново, пр. Шереметевский, д.7.

Раб: +7 (4932) 307346 доп.2-84; Моб: +79303419405

[Lipin.a@mail.ru](mailto:Lipin.a@mail.ru)

Data on authors:

1. Shibashov Anton Vladimirovich

Candidate of Technical Sciences, associate professor;

FGBOU GOUVPO Ivanovo state university of chemical technology;

153000, Russian Federation, Ivanovo, Sheremetevsky Ave., 7.

Slave: +7 (4932) 307346 additional 2-84; Moб: +79206759130

ShibashovAV@gmail.com

2. Lipin Andrey Aleksandrovich

Candidate of Technical Sciences, associate professor;

FGBOU GOUVPO Ivanovo state university of chemical technology;

153000, Russian Federation, Ivanovo, Sheremetevsky Ave., 7.

Slave: +7 (4932) 307346 additional 2-84; Moб: +79303419405

[Lipin.a@mail.ru](mailto:Lipin.a@mail.ru)

## MANUFACTURE OF SMART FABRICS BY SURFACE MODIFICATION OF CONDUCTIVE MDMO-PPV

\*Nurbas M,Dindas B

\*Eskisehir Osmangazi University Chemical Engineering, Department, Meselik, Eskisehir, TURKEY

\*[mnurbas@gmail.com](mailto:mnurbas@gmail.com),[burakdindas@gmail.com](mailto:burakdindas@gmail.com)

### ABSTRACT

Smart fabrics and interactive textiles are fibrous structures that are capable of sensing, actuating, storing power and communicating. Due to these features, these fabrics can be used in smart and interactive clothing for medical, military and sports applications. The improved surface properties of conductive textiles are required for their successful integration in mentioned applications. Conducting polymers, especially poly (phenylenevinylene) (MDMO-PPV) and poly (3,4-ethylenedioxythiophene) (PEDOT) family are promising candidates for the production of these materials. In this study, conductive MDMO-PPV polymer was synthesized and then was coated by viscose fibers. The surface modification of the coated fibers was performed by treating with silicone solution. The MDMO-PPV polymer were characterized by using  $^1\text{H-NMR}$ , UV-Vis, SEM and GPC analyses and the surface modification of conductive MDMO-PPV polymer were investigated by Fourier transform infrared spectroscopy and thermogravimetric analysis. According to results the mechanical and hydrophobic properties of conductive fibers were improved by surface modification.

**KEYWORDS:** CONDUCTING POLYMERS, PPV, SMART FABRICS, SURFACE MODIFICATION

### INTRODUCTION

For the last decade, MEH-PPV has been one of the most studied electroluminescent materials. The 2-ethylhexyl substituent (EH) became a very popular side-chain group for synthesis of soluble conjugated polymers of different classes, but other branched alkyloxy substituents have been also introduced in the PPV backbone. MDMO-PPV substituted with a 3,7-dimethyloctyl-1 group (DMO) showed a very similar electronic behavior to that of MEH-PPV, but an additional branching further improved its solubility and the film-forming properties [Lutsen et al, 1999; Spreitzer et al., 1998]. The molecular structure of conductive MDMO-PPV is shown in Fig. 1.

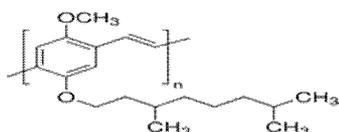


Fig. 1. The molecular structure of conductive MDMO-PPV polymer

## EXPERIMENTAL

### A-Polymerization of MDMO-PPV

A 500 mL three-neck glass reactor fitted with Teflon stirrer, reflux condenser and dropping funnel were dried with hot air and flushed with N<sub>2</sub>. The solvents (dry 1,4-dioxane, dry THF) at volume of 82 mL was added in reactor and degassed by passing N<sub>2</sub> through it for about 15 minutes. The solvent was heated to polymerization temperature with an oil bath. 0.5 g 2,5-bis(chloromethyl)-1-methoxy-4-(3',7'-dimethyloctyloxy) benzene was added as solid. 0.40 g of potassium tert-butoxide was dissolved in 3.6 mL of solvent and was added dropwise to the reactor from the dropping funnel over a period of 5 minutes. The solution was then deep orange and the viscosity increased. The conductive polymer was purified by dissolving it in THF at 60 °C, cooling the solution to 45°C, and precipitating polymer by drop wise addition of methanol. After the polymer was washed with methanol, it was dried at room temperature under reduced pressure. Finally conductive MDMO-PPV polymer was obtained as dark orange-red fibers Fig. 2.

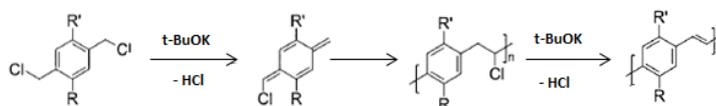


Fig. 2. Synthesis of conductive MDMO-PPV polymer

### B-Characterization studies

<sup>1</sup>H spectra were recorded using Bruker 500MHz NMR spectrometer. Chemical shifts were reported in δ ppm relative to internal solvent standards (CDCl<sub>3</sub>). UV-Vis spectra were recorded in THF using Aquamate UV-Visible spectrophotometer. Molecular weights and polydispersities were determined by gel permeation chromatography (GPC) in THF relative to polystyrene standards. GPC data were collected using PLgel 3 μm MIXED-E column (300 x 7.5 mm). Scanning electron microscopy (Model SEM-JEOL JSM 5600LV) was used to study the surface morphology of the MDMO-PPV polymer[1]. The surface modification of conductive MDMO-PPV polymer were investigated by Fourier transform infrared spectroscopy and thermogravimetric analysis[2,3,4].

## RESULTS AND DISCUSSION

The common peaks for PPV Polymer were apparent: <sup>1</sup>H NMR shows peak at 7.5 ppm and it belongs to vinylic bonds. The signals between 7.0-7.3 ppm are certainly represent aromatic/vinylic bonds. The peaks for all other protons appeared below 4.2 ppm. The multiplets around 4.0 ppm and between 0.7 and 2.0 represent the alkoxy side chains. All peaks showed good correspondence with the chemical structures of the polymers Fig. 3.

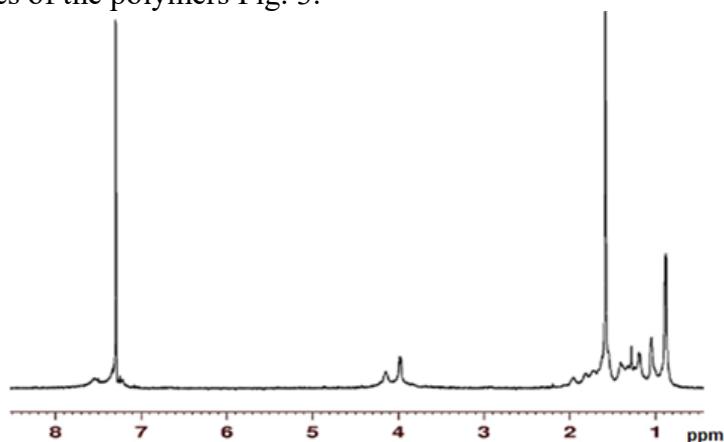


Fig. 3. <sup>1</sup>H-NMR spectra of conductive MDMO-PPV Polymer

$M_w$  and  $M_n$  of the synthesized MDMO-PPV Polymer were  $M_w = 53510$ ,  $M_n = 51666$  with a PDI of 1.03, as determined by GPC. The low polydispersity values of the MDMO-PPV suggest that the molecular weight distribution of the polymers was uniform Fig. 4. SEM micrographs shows that, surface morphology of conducting polymer was different and like spongy structure Fig. 5[5,6].

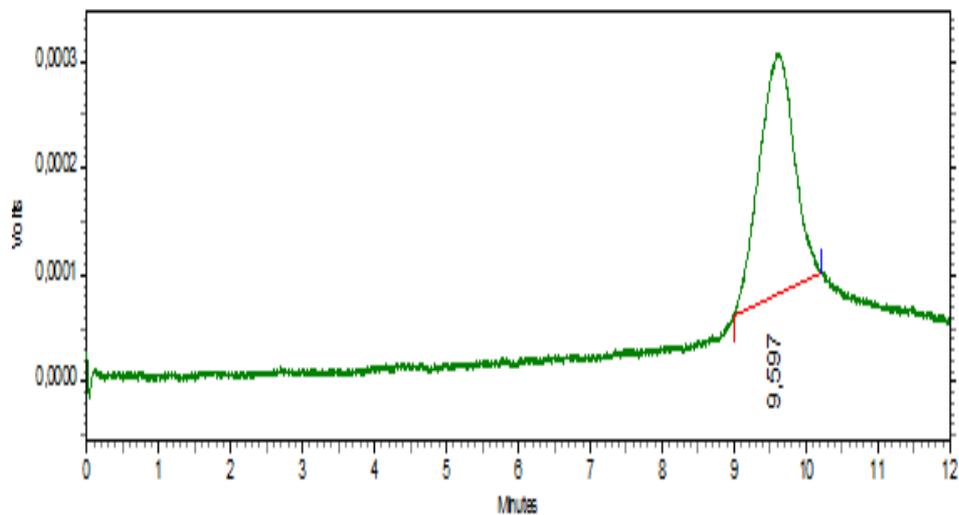


Fig. 4. Gel permeation chromatogram of conductive MDMO-PPV Polymer

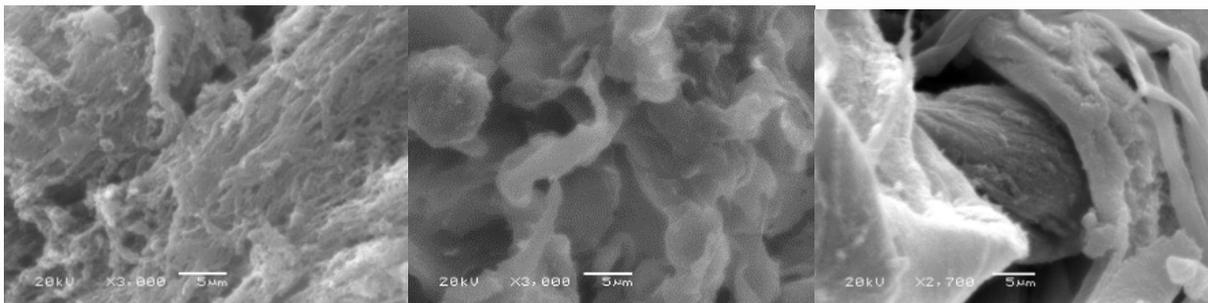


Fig. 5. SEM micrographs of conductive MDMO-PPV Polymer

The Fourier transform infrared spectroscopy and thermogravimetric analysis were investigated for viscose- MDMO-PPV composite fibers. The characteristic peaks related to cellulosic material were observed from IR images[1]. TGA analysis of composite fibers indicated that there was no important change in the main properties of polyester fibers. According to results the mechanical and hydrophobic properties of conductive fibers were improved by surface modification[7,8,9].

## CONCLUSION

Conductive polymers and coated conductive yarns can also be used as an active substrate for the deposition of multiple layers of different materials, which could lead to the production of fibrous solar cell panels, pressure sensors, and actuators[2]. The possibility of using textile-based conductive fibers in the field of thermal electricity can also be investigated, which would open the new doors for the continuous production of sustainable energy.

**ACKNOWLEDGEMENTS:** This study was supported by the University of Eskisehir Osmangazi (ESOGU BAP: 201215033)

## REFERENCE

1. B. Dindas, M. Nurbas, (2013), Synthesis and Characterization of Poly[2-(3,7-dimethyloctyloxy)-5-methoxy-p-phenylenevinylene] (MDMO-PPV) by Gilch Polymerization // International Journal of Chemistry and Chemical Engineering, Vol. 3, No: 2, P. 89-94.
2. T Bashir, vediĝ, (2011), Surface modification of conductive PEDOT coated textile yarns with silicone resin // MATERIALS TECHNOLOGY, Volume: 26, Issue: 3, Pages: 135-139,
3. Y. Lei, H. Oohata, S. Kuroda, S. Sasaki, T. Yamamoto, (2005), Highly Electrically Conductive Poly (3,4-ethylenedioxythiophene) Prepared Via High- Concentration Emulsion Polymerization // *Synth. Met.* – 149, P. 211- 217.
4. J. Roncali, (1992), Conjugated poly (thiophenes): Synthesis, Functionalization and Application // *Chem.Rev.* - 92, P. 711-738.
5. L. Niu, C. Kvarnström, K. Fröberg, A. Ivaska, (2001), Electrochemically controlled surface morphology and crystallinity in poly(3,4-ethylenedioxythiophene) films // *Synth. Met.* – 122, P. 425-429.
6. M.R. Andersson, W. Mammo, T. Olinga, M. Svensson, M. Theander, O. Inganäs, (1999), Synthesis of Regioregular Phenyl Substituted Polythiophenes with FeCl<sub>3</sub> // *Synth.Met.* - 101, P. 11-12.
7. R.D. McCullough, S.P. Williams, S. Tristram-Magle, M. Jayaramann, p.C.Ewbank, L. Miller, (1995), the First Synthesis and New Properties of Regioregular, Head-To-Tail Coupled Polythiophenes // *Synth.Met.* - 69, P. 279-282.
8. S. S. Kumar, J. Mathiyarasu, K.L.N.Phani, V. Yegnaraman, (2005), Simultaneous determination of dopamine and ascorbic acid on poly (3,4-ethylenedioxythiophene) modified glassy carbon electrode // *Journal of Solid State Electrochemistry* 10 (11): 905.
9. X. Zhang, A.G. MacDiarmid, S.K. Manohar, (2005), Chemical synthesis of PEDOT nanofibers // *Chemical Communications* (42): 5328–30.

УДК 539.194.01

### К РАСЧЕТУ ВКЛАДА ВНУТРЕННЕГО ВРАЩЕНИЯ В ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ ДЛЯ МОЛЕКУЛ С ДВУМЯ ВРАЩАЮЩИМИСЯ ГРУППАМИ

Кухтина Е.А., Виноградова В.Н., Годнева М.И.

Ивановский государственный политехнический университет

Метод численного суммирования уровней энергии, примененный ранее к вычислению статистической суммы внутреннего вращения (ВВ) молекул с одной вращающейся группой, обобщен на случай многоатомных молекул с двумя вращающимися группами.

С помощью компьютерной программы рассчитан вклад ВВ в сумму по состояниям молекул с двумя волчками и в значения таких термодинамических функций, как свободная энергия, энтропия, внутренняя энергия и теплоемкость.

Приведены результаты расчетов для молекул (CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>CO, (CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>S, (CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>O, (CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>SiH<sub>2</sub>.

Определено число слагаемых, входящих в статистическую сумму каждой конкретной молекулы, обеспечивающее достоверность получаемых результатов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ВНУТРЕННЕЕ ВРАЩЕНИЕ, СТАТИСТИЧЕСКАЯ СУММА, МОЛЕКУЛЫ С ДВУМЯ ВРАЩАЮЩИМИСЯ ГРУППАМИ, ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ, УРОВНИ ЭНЕРГИИ.

# TO CALCULATION THE INVESTMENT OF INTERNAL ROTATION IN THERMODYNAMIC FUNCTIONS FOR MOLECULES WITH TWO ROTATION GROUPS

Kuchtina E.A., Vinogradova V.N., Godneva M.I.  
(Ivanovo State Politechnical University)

The method of numerical summation of the energy levels early applied for calculation the statistical sum of internal rotation (IR) molecules with one rotational group has been generalized for case the polyatomic molecules with two rotational groups.

With the help computer program have been calculated the investment of IR in the partition function of molecules with two rotors and in meanings of thermodynamic functions such as free energy, entropy, internal energy and specific heat.

Results of calculations have been reduced for molecules  $(\text{CH}_3)_2\text{CO}$ ,  $(\text{CH}_3)_2\text{S}$ ,  $(\text{CH}_3)_2\text{O}$ ,  $(\text{CH}_3)_2\text{SiH}_2$ .

Number of items incoming in the statistic sum for each concretely molecule has been defined, which have been secured authenticity of the obtain results.

KEY WORDS: INTERNAL ROTATION, STATISTICAL SUM, MOLECULES WITH TWO ROTATIONAL GROUPS, THERMODYNAMIC FUNCTIONS, ENERGY LEVELS.

Квантовомеханические расчеты торсионных энергетических уровней молекул с внутренним вращением (ВВ), проводимые нами в течение ряда лет, делают возможным использование метода численного суммирования для вычисления вклада ВВ в термодинамические функции (ТФ) этих молекул.

Ранее в [1] этот метод был применен к вычислению суммы по состояниям и некоторых термодинамических функций молекул с одним ассиметричным волчком. Анализ полученных результатов подтвердил их достоверность и хорошую применимость метода.

В настоящей работе аналогичная задача решается для случая молекул с двумя степенями свободы ВВ.

Как известно, в основе расчета термодинамических функций лежит нахождение суммы по состояниям системы или статистической суммы  $Q$ . Она зависит от энергии  $\varepsilon_i$  разрешенных микросостояний системы и равна:

$$Q = \sum_n e^{-\frac{\varepsilon_i}{kT}}, \quad (1)$$

где  $k$  – постоянная Больцмана,  $T$  – абсолютная температура.

Если энергию молекулы можно рассматривать как сумму независимых слагаемых, относящихся к электронному, колебательному и вращательному движениям, то в силу свойства мультипликативности статистическая сумма может быть записана в виде:

$$Q = Q_{\text{эл}} \cdot Q_{\text{кол}} \cdot Q_{\text{вр}},$$

где  $Q_{\text{эл}}$ ,  $Q_{\text{кол}}$ ,  $Q_{\text{вр}}$  – суммы по электронным, колебательным и вращательным состояниям молекулы соответственно.

В [1] показано, что для молекул с ВВ  $Q_{\text{вр}}$  можно представить как произведение

$$Q_{\text{вр}} = Q_{\text{ж.в}} \cdot Q_{\text{ВВ}},$$

где  $Q_{\text{ж.в}}$  – сумма по вращательным состояниям жесткой молекулы,

$Q_{\text{ВВ}}$  – сумма по состояниям ВВ волчков.

Это достигается путем введения специальных координат, в которых ВВ отделяется от вращения молекулы как целого.

Для нахождения статистической суммы  $Q_{\text{ВВ}}$  нами были получены системы торсионных уровней ряда молекул с двумя волчками, рассчитанные по их геометрическим параметрам и потенциальным функциям ВВ. Методика этих расчетов, основанная на применении специальных внутренних координат, вариационного метода Ритца и кратных рядов Фурье, подробно изложена в [2].

Полученные системы торсионных уровней положены в основу расчета вклада ВВ в статистическую сумму  $Q_{BB}$ , свободную энергию  $F_{BB}$ , энтропию  $S_{BB}$ , внутреннюю энергию  $E_{BB}$  и теплоемкость  $(c_v)_{BB}$  молекул с двумя волчками.

Следует заметить, что применимость метода численного суммирования и достоверность полученных результатов зависят от того, насколько полон набор торсионных уровней, используемых при расчете термодинамических функций. В [1] был проведен соответствующий анализ и определен номер слагаемого  $n^*$ , которым целесообразно ограничить суммирование при определении  $Q_{BB}$  для каждой конкретной молекулы при каждой определенной температуре.

Однако в выражения для термодинамических функций кроме суммы  $Q_{BB}$  входят первая и вторая производные  $\frac{\partial \ln Q_{BB}}{\partial T}$  и  $\frac{\partial^2 \ln Q_{BB}}{\partial T^2}$ , для которых также необходимо оценить пределы суммирования.

Действительно, если свободная энергия  $F_{BB} = -kT \ln Q_{BB}$  определяется с помощью статистической суммы  $Q_{BB}$ , то для нахождения энтропии  $S_{BB} = k \left[ \ln Q_{BB} + T \left( \frac{\partial \ln Q_{BB}}{\partial T} \right) \right]$  и внутренней энергии  $E_{BB} = kT^2 \left( \frac{\partial \ln Q_{BB}}{\partial T} \right)$  потребуется вспомогательная сумма  $Q'_{BB}$ , равная

$$Q'_{BB} = \sum_{i=1}^n \frac{\varepsilon_i}{kT} e^{-\varepsilon_i/kT} \quad (2)$$

введем ее в формулы для  $S_{BB}$  и  $E_{BB}$ :

$$S_{BB} = k \left[ \ln Q_{BB} + \frac{Q'_{BB}}{Q_{BB}} \right], \quad (3)$$

$$E_{BB} = kT \frac{Q'_{BB}}{Q_{BB}}, \quad (4)$$

Нахождение теплоемкости  $c_v = kT \left[ 2 \left( \frac{\partial \ln Q_{BB}}{\partial T} \right) + T \left( \frac{\partial^2 \ln Q_{BB}}{\partial T^2} \right) \right]$  потребовало ввести

еще одну вспомогательную сумму  $Q''_{BB}$

$$Q''_{BB} = \sum_{i=1}^n \left( \frac{\varepsilon_i}{kT} \right)^2 e^{-\varepsilon_i/kT}, \quad (5)$$

тогда

$$c_v = k \left[ \frac{Q''_{BB}}{Q_{BB}} - \left( \frac{Q'_{BB}}{Q_{BB}} \right)^2 \right]. \quad (6)$$

Для расчета с достаточной точностью статистической суммы  $Q_{BB}$  и вспомогательных сумм  $Q'_{BB}$  и  $Q''_{BB}$  была разработана компьютерная программа, в которой погрешность от замены суммы ряда частичной суммой оценивается как

$$R < e^{-\varepsilon_{n^*}/kT}, \\ R_1 < \frac{\varepsilon_{n^*}}{kT} e^{-\varepsilon_{n^*}/kT} + R, \quad (7)$$

$$R_2 < \left( \frac{\varepsilon_{n^*}}{kT} \right)^2 e^{-\varepsilon_{n^*}/kT} + 2R_1,$$

где  $n^*$  - порядковый номер слагаемого, на котором с достаточной точностью можно закончить суммирование.

Вычисленные с этой точностью суммы  $Q_{\text{ВВ}}$ ,  $Q'_{\text{ВВ}}$  и  $Q''_{\text{ВВ}}$  для молекул  $(\text{CH}_3)_2\text{CO}$ ,  $(\text{CH}_3)_2\text{S}$ ,  $(\text{CH}_3)_2\text{O}$  и  $(\text{CH}_3)_2\text{SiH}_2$  и их термодинамические функции приведены в таблице. Структурные параметры этих соединений и потенциальные функции взяты в работах [3-6].

Таблица

Вклад ВВ в статистическую сумму  $Q_{\text{ВВ}}$  и ряд термодинамических функций молекул  $(\text{CH}_3)_2\text{CO}$ ,  $(\text{CH}_3)_2\text{S}$ ,  $(\text{CH}_3)_2\text{O}$  и  $(\text{CH}_3)_2\text{SiH}_2$  при  $T = 500 \text{ K}$

Молекула, данные Величина	$(\text{CH}_3)_2\text{CO}$			$(\text{CH}_3)_2\text{S}$		$(\text{CH}_3)_2\text{O}$	$(\text{CH}_3)_2\text{SiH}_2$
	[3]	[4]	[5]	[4]	[5]	[4]	[6]
$Q_{\text{ВВ}}$	9,020	9,331	10,049	4,141	4,182	2,705	5,441
R	$3 \cdot 10^{-11}$	$2 \cdot 10^{-11}$	$3 \cdot 10^{-10}$	$6 \cdot 10^{-12}$	$10^{-10}$	$7 \cdot 10^{-14}$	$8 \cdot 10^{-12}$
$Q'_{\text{ВВ}}$	15,951	16,594	16,694	8,980	8,942	6,108	11,149
$R_1$	$9 \cdot 10^{-10}$	$6 \cdot 10^{-10}$	$2 \cdot 10^{-10}$	$2 \cdot 10^{-10}$	$2 \cdot 10^{-9}$	$2 \cdot 10^{-12}$	$2 \cdot 10^{-10}$
$Q''_{\text{ВВ}}$	39,201	39,167	39,274	26,610	26,330	19,037	31,031
$R_2$	$2,7 \cdot 10^{-8}$	$2 \cdot 10^{-8}$	$2 \cdot 10^{-7}$	$4 \cdot 10^{-9}$	$6 \cdot 10^{-8}$	$7 \cdot 10^{-11}$	$5 \cdot 10^{-9}$
$F_{\text{ВВ}}$ $\text{см}^{-1}$	- 764,073	-797,524	-801,615	-493,613	-497,042	-345,731	-588,502
$S_{\text{ВВ}}$ $\text{см}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$	2,758	2,756	2,757	2,494	2,480	2,260	2,601
$E_{\text{ВВ}}$ $\text{см}^{-1}$	614,742	580,472	577,122	753,378	742,842	784,329	711,820
$(c_v)_{\text{ВВ}}$ $\text{см}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$	0,844	0,800	0,798	1,197	1,198	1,348	1,045

Для молекул ацетона и диметилсульфида расчеты проведены с потенциальными функциями двух видов:

$$V = V_0 - \frac{V_0}{2} \cos 3\tau_1 - \frac{V_0}{2} \cos 3\tau_2 \quad [4] \quad \text{и}$$

$$V = \frac{V_0}{2} (2 - \cos 3\tau_1 - \cos 3\tau_2) + V_{12} \cos 3\tau_1 \cdot \cos 3\tau_2 + V'_{12} \sin 3\tau_1 \cdot \sin 3\tau_2 \quad [5]$$

и близкими значениями высоты  $V_0$  потенциального барьера (см. второй и третий столбцы таблицы для  $(\text{CH}_3)_2\text{CO}$  и четвертый и пятый столбцы для молекулы  $(\text{CH}_3)_2\text{S}$ ).

Сравнение этих данных показало, что отличие полученных значений не превышает 4% для ацетона и 3% для диметилсульфида.

В заключение, используя в качестве тестовой молекулу ацетона, мы провели сопоставление наших расчетов с имеющимися в литературе данными.

Так, в монографии [3] для молекулы ацетона вычислен вклад ВВ в некоторые ТД с использованием хорошо известных таблиц Питцера и Гвинна. В частности, для энтропии приводится значение  $S_{\text{ВВ}} = 2,77 \text{ см}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ , для теплоемкости -  $(c_v)_{\text{ВВ}} = 0,87 \text{ см}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$  (численные значения приведены в принятых в данной работе единицах измерения энергии ( $\text{см}^{-1}$ )).

Для сравнения в первом столбце таблицы для молекулы  $(\text{CH}_3)_2\text{CO}$  приведены результаты аналогичных расчетов методом численного суммирования с исходными данными, взятыми из [3]. Нами получены  $S_{\text{ВВ}} = 2,758 \text{ см}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$  и  $(c_v)_{\text{ВВ}} = 0,844 \text{ см}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ , что свидетельствует о достаточной точности численного суммирования вклада ВВ в ТД молекул с двумя волчками.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кухтина, Е.А. и др. (2013). Вычисление суммы по квантовым состояниям внутреннего вращения асимметричного волчка // Физика волокнистых материалов (SMARTex-2013): сб. материалов XVI Международного научно-практического семинара. – Иваново: ИГТА. С.34-59.
2. Кухтина, Е.А. и др. (2003). Оператор Гамильтона для молекул с двумя степенями свободы внутреннего вращения / Ивановская государственная текстильная академия. – Иваново, - Деп в ВИНТИ №2318 – В 2003.
3. Годнев, И.Н. (1956). Вычисление термодинамических функций по молекулярным данным. – М.: ГИТТЛ. – 420 с.
4. Внутреннее вращение (1977) /Под ред. В.Дж. Орвилл-Томаса. – М.: Мир. – 510 с.
5. Гронер, Р. и др. (1987). Анализ крутильных спектров молекул с двумя внутренними  $C_{3v}$  ротаторами //J. Chem. Phys., Т.86, №2. С.565-568.
6. Хаяши Мичиро и др. (1989). Пересмотр молекулярных структур диметилсилана и диметилсульфида // J.Mol.Spectr.- Т.135, №2. С.270-288.

## REFERENS

1. Kuchkina, E.A. and ets. (2013). Calculation the quantum partion function of internal rotation for asymmetric rotor // Physics of fibrous materials (Smartex-2013): symposium XVI International science-practical seminar. – Ivanovo: IGTA. P.34-39.
2. Kuchkina, E.A. and ets. (2003). The operator of Gamilton for molecules with two degrees of internal rotation / Ivanovo State Textile Academy. – Ivanovo. – Dep. in VINITI №2318 – В 2003.
3. Godnev, I.N. (956). Calculation of thermodynamic functions on molecular dates. – М.: GITTL. – 420 p.
4. Internal rotation (1977) / On Red. V.G. Orvill-Thomas. – М.: Peace. – 510 p.
5. Groner, P. and ets (1987). Analysis of torsional spectra of molecules with two internal  $C_{3v}$  rorors // J. Chem. Phys., V.86, №2. – P. 565-568.
6. Hayashi Michiro and ets. (1989). Reinvestigation of molecular structures of dimethylsilane and dimetil sulfide // J. Mol. Spectr.- V.135, №2. P. 270-288.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

1. Кухтина Екатерина Андреевна (1), Виноградова Валентина Николаевна (2), Годнева Мария Ивановна (3)
2. Доцент, к.ф.-м.н., доцент кафедры ВПМСИТ (1),  
доцент, к.ф.-м.н., доцент кафедры ФНТ (2,3).
3. ФГБОУ ВПО "Ивановский государственный политехнический университет" (1,2,3)
4. 153000, г. Иваново, Шереметевский проспект, 21.  
Телефон: 93-78-19.
5. E-mail. [typhya@yandex.ru](mailto:typhya@yandex.ru), [k\\_fnt@ivgpu.com](mailto:k_fnt@ivgpu.com)

## INFORMATIONS OF AUTHORS

1. Kuchkina E.A.(1) , Vinogradova V.N (2)., Godneva M.I.(3)
2. Reader c.ph.-m.s., reader of department VPMSIT (1)  
Reader c.ph.-m.s., reader of department FNT (2,3)
3. Ivanovo State Politechnical University, 153000, Ivanovo, Sheremetev avenue, 21.  
Telephone: 93-78-19
4. Ivanovo State Politechnical University
5. E-mail. [typhya@yandex.ru](mailto:typhya@yandex.ru), [k\\_fnt@ivgpu.com](mailto:k_fnt@ivgpu.com)

## ТЕХНИЧЕСКИЕ ТКАНИ ДЛЯ РТИ

М.П. Михайлова, Л.А. Мальков, В.С. Колтунчиков

ОАО ИНПЦ ТЛП, Россия

В этом докладе сообщаются результаты работы лаборатории ткачества Центра текстильной и легкой промышленности РФ по созданию тяжелых технических тканей с поверхностной плотностью 800-1200г/м<sup>2</sup>.

Тяжелые технические ткани находят широкое применение в различных отраслях производственной сферы. Основные объемы – в промышленных фильтровальных установках (до 30%) и в резинотехнических изделиях (до 70%).

Номенклатуру РТИ можно разделить на основные группы:

- конвейерные ленты и плоские приводные ремни, поручни метро;
- клиновые, зубчатые и прочие приводные ремни;
- шины различного назначения (для автотранспорта, авиации, тракторов, строительной, сельскохозяйственной и др. техники);
- напорные, напорно-всасывающие и всасывающие рукава;
- материалы для мягких резервуаров, формовые изделия различной конфигурации.

Более половины потребляемых в РТИ тяжелых технических тканей расходуется на производство конвейерных лент и плоских приводных ремней.

Эти ткани характеризуются наиболее высокими показателями разрывной нагрузки, поверхностной плотности и толщины. Они должны обладать наряду с высокой прочностью малым удлинением при растяжении в направлении основы, хорошим сопротивлением к раздиранию и ударным нагрузкам.

К тканям для РТИ предъявляется также и ряд специальных требований:

- прочность связи с покрытием (адгезия к резине);
- малая линейная усадка от воздействия высоких температур;
- стабильность релаксационных свойств при работе в условиях нагрузок, не превышающих 10% от разрывных;
- способность образовывать лоток в конвейерной ленте.

В зависимости от области применения изделий упрочнитель- текстильный материал производится с использованием натуральных и химических волокон, химических нитей и в некоторых случаях металлокорда.

Применение тканей из химических волокон и нитей очень эффективно, особенно в производстве конвейерных лент и плоских приводных ремней.

Такие ткани более устойчивы к многократным деформациям, стойки к действию микроорганизмов и химическим воздействиям. Эти ткани, обладая значительно большим прочностным ресурсом, гораздо легче по весу, что имеет очень большое значение.

Ассортимент тканей указанного назначения включает ткани марок БКНЛ (хлопок и комбинированные пряжи и нити), ТК и ТА на основе синтетических нитей с поверхностной плотностью от 300 до 890г/м<sup>2</sup>.

Анализ сырьевой базы позволил сделать вывод о целесообразности использования по основной системе полиэфирных малоусадочных нитей с повышенной адгезией, по уточной системе - полиамидных нитей (предпочтительно анидных) для изготовления каркасных тканей для резинотканевых лент повышенной прочности.

В зарубежной практике вырабатывается гамма каркасных тканей как в пропитанном виде, так и суровых на основе полиэфирных и полиамидных нитей:

- ЕР ткань: основа – полиэфир, уток – полиамид;
- ЕЕ ткань: основа и уток – полиэфир;

– NN ткань:.. основа и уток – полиамид.

Полиамидные нити применяются двух типов – нейлон 6 (капрон) и нейлон 6,6 (анид).

Диапазон разрывных прочностей по основе этих тканей широк и по каждому виду составляет от 80 до 750 и более ньютонов на 1 мм ширины ткани. Максимальное значение этого показателя для отечественных тканей составляет 390 Н/мм.

Наиболее востребованными на отечественных заводах РТИ для выпуска конвейерных лент являются ткани ряда EP-200 ÷ EP-630.

Перед нами заводами РИ была поставлена задача разработать ткань и технологию выработки типа EP-400 ( по показателям).

При составлении технического расчета учитывалось, что в процессе пропитки происходит изменение площади суровой ткани в сторону уменьшения, что вызывает изменение ряда технических характеристик:

- максимальная усадка по площади 15-20%
- линейная усадка по основе 12-15%
- линейная усадка по утку 0,5%
- увеличение поверхностной плотности в среднем  $\approx 10\%$
- увеличение разрывной прочности по основе 10-15%

Данные таблицы 1 подтверждают целесообразность создания ткани типа EP-400.

Выработка новых тканей проводилась на станках ф. Дорнье по стандартной технологии ( кручение, снование, ткачество).

Были разработаны ткани с характеристиками ( табл 2) и проведено их ранжирование ( табл.3).

Таблица 1 – Физико-механические и адгезионные показатели тканей типа TA-400 и EP-400

Показатели	TA-400	EP-400*	EP-400**
Разрывная нагрузка, Н/мм, не менее			
– по основе	392	500	450
– по утку	78	110	90
Удлинение при разрыве, %, не более			
– по основе	30	25	от 14
– по утку	30	45	45
Удлинение при нагрузке 10% от разрывной, %, не более			
– по основе	5,0±1,0	2,0	1,5
– по утку	–	2,0	–
Усадка ткани в горячем воздухе в сухом состоянии, %, не более (150 °С, 30 мин)			
– по основе	5,0±2,0	2,0	5
– по утку	4,0±1,0	0	0,5
Прочность связи с резиной, Н/мм, не менее	–	15	7,8
Поверхностная плотность, г/м <sup>2</sup>	890±45	1200±50	1220±40
Толщина, мм	1,65±0,15	1,6±0,2	1,57±0,2
EP-400* – требования ЗАО Курский завод РТИ;			
EP-400** – данные производителей азиатского региона ( Турция, Китай);			
Для EP-400* прочность связи с резиной по методике ЗАО «КурскРТИ».			

1. По совокупности оценок прочностных показателей и усадки в горячем воздухе наиболее предпочтительным является вариант, выработанный переплетением уточный репс 3/3 с использованием в утке анидной нити.

2. Независимо от вида переплетения использование в утке анидной нити более эффективно, чем капроновой.

3. Независимо от вида уточной нити, варианты, выработанные переплетением уточный репс 3/3, имеют более высокие суммарные оценки, чем варианты с переплетением уточный репс 2/2.

4. По структурно-геометрическим показателям ткань репс 3/3 можно отнести к III-IV фазам строения, а ткань репс 2/2 – к V-VI фазам.

5. Ткань репс 3/3, имея меньший коэффициент связности, более рыхлую структуру и меньшую каркаемость, является, по сравнению с тканью репс 2/2, более технологичной как в ткачестве, так и в производстве резиноканевых ремней.

6. Теоретическая резиноемкость рассматриваемых тканей существенно не отличается.

Таким образом, ткань типа EP-400 была разработана с требуемыми характеристиками.

**Однако**, существенным недостатком явилась переработка основных нитей по традиционному способу – с ткацкого навоя. Поэтому при высокой линейной плотности основных нитей (в нашем случае 338 текс х 2) возникают ограничения по длине нитей на навое. При диаметре флянцев 800 мм и ставке 1448 нитей длина навивки на навой составляет не более 400-450 метров (рис.5), что эквивалентно непрерывной длине ткани 380 метров (при уработке нитей основы 18%). Такая длина является нерациональной как с точки зрения изготовителей транспортерных лент, так и самих производителей ткани.

С учетом данной ситуации были продолжены работы по дальнейшему совершенствованию лавсано-полиамидных тканей в части повышения прочности пропитанной ткани по основе до 540 Н/мм на базе переплетения уточный репс 3/3.

Была выполнена модернизация станка Дорнье, после чего ткань вырабатывалась с двух навоев.

Таблица 2 – Средние значения результатов испытания суровой ткани

Наименование показателей	Варианты опытной ткани			
	Уточный репс 3/3		Уточный репс 2/2	
	Уток - капрон	Уток - анид	Уток - капрон	Уток - анид
Поверхностная плотность, г/м <sup>3</sup>	1175	1176	1144	1134
Толщина, мм	2,0	2,0	2,0	2,0
Изменение размеров в горячем воздухе, %:				
- основа	5,2	4,4	5,8	4,7
- уток	3,6	0,7	3,3	1,7
Разрывная нагрузка полоски ткани 50x200 мм, Н/мм (кгс):				
- основа	408 (2081)	395 (2016)	378 (1776)	368 (1876)
- уток	143 (727)	152 (772)	146 (752)	153 (782)
Удлинение ткани при разрыве, %:				
- основа	23,4	23,4	25,6	29,5
- уток	37,8	30,0	33,7	29,1
Удлинение по основе при нагрузке 10% от разрывной, %	6,2	6,6	9,3	9,4

Число нитей на 10 см ткани:				
- основа	129	129	122	120
- уток	36	34	38	37
Уработка нитей, %:				
- основа	7,0	6,0	11,0	11,5
- уток	14,0	12,0	8,0	7,0
Ширина ткани, см	115,2	116,6	120,8	121,1
Ширина заправки, см	125.5		125.0	
Основа – нить полиэфирная малоусадочная, с повышенной адгезией 338 текс х2 Уток: - нить полиамидная (капрон) 187 текс х3 - нить полиамидная (анид) 93,5 текс х6				

Таблица 3 – Ранжированная оценка суровых тканей

Наименование показателей	Варианты опытной ткани			
	Уточный репс 3/3		Уточный репс 2/2	
	Уток - анид	Уток - капрон	Уток - анид	Уток - капрон
Изменение размеров в горячем воздухе, (%):				
- основа	(4,4) 1,0	(5,2) 0,85	(4,7) 0,94	(5,8) 0,76
- уток	(0,7) 1,0x0,5	(3,6) 0,2x0,5	(1,7) 0,4x0,5	(3,3) 0,2x0,5
Разрывная нагрузка ткани по основе, (кгс)	(2016) 0,97	(2081) 1,0	(1876) 0,9	(1776) 0,85
Удлинение при разрыве, (%):				
- основа	(23,4) 1,0	(23,4) 1,0	(29,5) 0,8	(25,6) 0,91
- уток	(30,0) 0,97x0,5	(37,8) 0,77x0,5	(29,5) 1,0x0,5	(33,7) 0,86x0,5
Удлинение по основе при нагрузке 10% от разрывной, (%)	(6,6) 0,94	(6,2) 1,0	(9,4) 0,6	(9,3) 0,67
Сумма баллов	4,89	4,34	4,0	3,72

Таблица 4 Фактические показатели опытных образцов тяжелых технических тканей.

Наименование показателей	Значение показателей		
	ТЛПА-480 Обр.№1	ТЛПА-480-2/1 Обр.№2	ТЛПА-480-2/2 Обр.№3
Толщина ткани, мм	2,31	2,45	2,2
Поверхностная плотность, г/м <sup>2</sup>	1302	1441	1375
Ширина суровой ткани, см	118	123	122
Плотность ткани по основе, н/дм	111	111	108
Плотность ткани по утку, н/дм	35	( пер.74) 44	( пер.-37) 44
Уработка по основе,%	5,7(6)	4,7 (5)	2,9 (3)
коренная	-	10,7 (12)	6,5 (7)
перевязочная			
Уработка по утку,%	12,3 (14)	3	6,5 (7)
по нити	11,7	4	4,7
по заправке			

На основе теоретического расчета прочностных показателей ткани из ПЭ и ПАм нитей были выработаны образцы новых тканей по разработанным заправочным расчетам на базе уточного репса 3/3 и однослойной двухосновной по рисунку. В последнем случае предполагалось, что ткань должна была иметь очень небольшое удлинение, т.к. прямолинейная коренная основа воспринимает продольную нагрузку, а изогнутые нити перевивочной основы несут конструктивную функцию и эту нагрузку не воспринимают.

Характеристика опытных образцов ткани представлены в таблице 4.

Таблица 5 Физико-механические показатели опытных образцов суровой ткани ТЛПА-480.

Наименование показателей	ТЛПА-480		
	Обр. №1	Обр. №2	Обр. №3
Толщина, мм	2.16	2.26	2.33
Поверхностная плотность, г/м <sup>2</sup>	1308	1397	1331
Число нитей на 10см			
- по основе	114	174	144
- по утку	35	45	45
Разрывная нагрузка полоски ткани (25x200), кгс			
- по основе	1348	1460	1285
- по утку	387	443	447
Разрывная прочность ткани, Н/мм			
- по основе	529	572	504
- по утку	154	174	175
Удлинение при разрыве полоски ткани (25x200) , %:			
- по основе	28	32	34
- по утку	30	27	26
Удлинение по основе при 10% нагрузке от номинальной, %	4.8	5.0	9.0
Усадка ткани в горячем воздухе, %:			
- по основе	5.5	3.5	3.0
- по утку	4.5	5.0	5.5
Раздирающая нагрузка полоски ткани (250x 250 мм), кгс:			
- по основе	294	290	280
- по утку	286	326	256
Переплетение	Уточный репс 3/3	Двухосновная	Двухосновная разреженная

Приведенные в таблицах 4-5 данные физико-механических показателей опытных образцов с повышенной прочностью свидетельствуют о том, что:

- выбранный сырьевой материал (полиэфирная нить малоусадочная с повышенной адгезией), плотность нитей в основе и тип переплетения обеспечили в разработанных образцах повышение прочности ткани по основе до (504-572) Н/мм при прогнозируемой 480Н/мм;

- наименьшая поверхностная плотность (наименьшая материалоемкость) обеспечивается при переплетении уточный репс 3/3 и составляет 1308 г/м<sup>2</sup>;

- наименьшим относительным удлинением по основе в исходном состоянии и при 10%-ной нагрузке от номинальной характеризуются ткани переплетением уточный репс 3/3.

Таким образом в нашем Центре разработана технология выработки отечественных тканей типа EP-400 и EP-500.

## **ПРЕИМУЩЕСТВО НЕТКАНЫХ ПОЛОТЕН «ХОЛЛОФАЙБЕР» ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОМПОЗИТОВ И ИЗДЕЛИЙ ИЗ НИХ**

Ю.М. Трещалин, А.Н. Боначев, М.Ю. Трещалин, М.В. Киселев

МГТУ Станкин antropog@yandex.ru, ООО «ТЕРМОПОЛ» info@thermopol.ru, МГУ имени М.В. Ломоносова mtreschalin@mail.ru, КГТУ science@kstu.edu.ru

В статье приводятся результаты исследования получения композиционных материалов на основе нетканых полотен. Приведены некоторые механические характеристики получаемых композиционных материалов. Изучено строение некоторых нетканых полотен, выпускаемых ООО «Холлофайбер» с помощью оптического микроскопа. Предложены варианты применения композиционных материалов на нетканой основе для изготовления опор уличного освещения и облицовочных плит для строительной отрасли. Предложено на основе нетканых полотен повышенной объемной плотности изготавливать тепло- и звукоизоляционные панели. Одной из проблем широкого применения композиционных материалов является их прочностные свойства, поэтому в статье приводятся результаты экспериментов по добавлению в состав связующего упрочняющих элементов. Применение данных элементов привело к повышению прочности композиционных материалов на 45%. Использование полученных материалов позволяет изготавливать из них защитные оболочки с внутренней теплоизоляцией.

**Ключевые слова:** НЕТКАНЫЕ ПОЛОТНА, КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ПРОЧНОСТЬ, УТЕПЛИТЕЛИ

## **ADVANTAGE OF NON-WOVEN HOLLOW FIBERS FOR MANUFACTURING COMPOSITE MATERIALS AND PRODUCTS OF THEM**

Y.M. Treshchalin, A.N. Bonachev, M.Y. Treshchalin, M.V. Kiselev

MSTU Stankin antropog@yandex.ru, Unlimited Company «TERMOPOL» info@thermopol.ru, MSU named after M.V.Lomonossov mtreschalin@mail.ru, KSTU science@kstu.edu.ru

The article presents the results of the research of producing composite materials based on non-woven fibers. Some of the mechanical characteristics of produced composites are given. The structure of some nonwoven fabrics produced by LLC "Hollofayber" has been studied with an optical microscope. Authors offer the application of composite materials for the manufacture of non-woven fiber based support of street lighting and facing slabs for the construction industry. Besides, authors offer to produce heat and sound insulating panel based on nonwovens with increased volume density. One of the problems of widespread use of composite materials is their mechanical properties, and because of it, we present the results of experiments on the addition of a binder in the reinforcing elements in this article. Application of these elements lead to increase the strength of the composite material by 45%. Using of these materials allows producing protective shells with internal heat insulation.

**Keywords:** NON-WOVEN FIBERS, COMPOSITE MATERIALS, STRENGTH, HEAT INSULATION.

Вопросы себестоимости производства и пути ее снижения, особенно без потери качественных показателей продукции, всегда были актуальными задачами. В строительстве применяется много материалов, физико-механические свойства которых слишком высоки для применения в конкретных случаях.

Проведенные теоретические и экспериментальные исследования показали [1-3] эффективность применения нетканых полотен, изготовленных из полиэфирных, полипропиленовых волокон или их смеси, в качестве основы для производства изделий из композиционных материалов. Причем достигнута эффективность в обоих направлениях: прочностные характеристики композитов в 5-8 раз выше по сравнению с полимерной матрицей (рис. 1), а себестоимость ниже по сравнению с аналогичными изделиями на основе углеродных, стеклянных или базальтовых волокон.



Рис 1. Диаграмма разрушения при растяжении нетканого полотна, материала связующего и композиционного материала.

Композиты на основе нетканых синтетических полотен могут успешно применяться в ракетно-космической отрасли или авиастроении в качестве упрочняющих конструкций, а также в жилищном и промышленном строительстве, жилищно-бытовом хозяйстве, маломерном судостроении, для изготовления защитных оболочек теплоизоляции магистральных нефте-газопроводов и т.д. Учитывая незначительное водопоглощение (менее 1% по массе) композиты на основе нетканых полотен целесообразно использовать при производстве облицовочных панелей, труб, опор, крепежных конструкций в виде уголков или швеллеров. Для примера, из разработанных композитов изготовлен четырех секционный осветительный столб, модель которого представлена на рис. 2.



а



б

Рис. 2 а, б. Модель четырехсекционной опоры

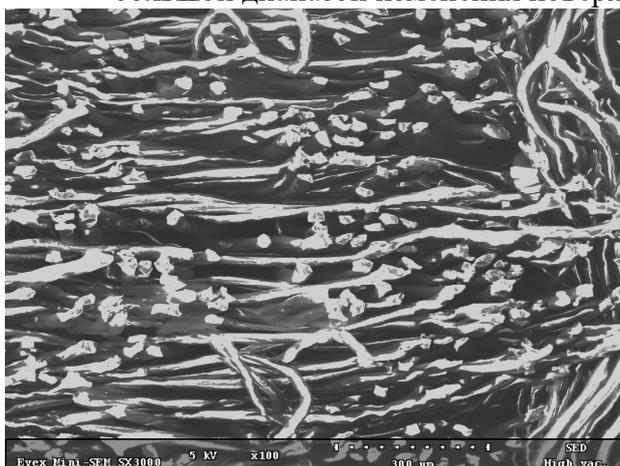
Масса в сборном виде составляет около 25 кг, а каждая секция весит около 6 кг. Транспортировка данного изделия не составляет труда и с этим сможет справиться один человек на автомашине с багажником, длиной 3 метра. Монтаж также может произвести один человек.

Важную роль при производстве композитов играет связующее. Здесь имеют значение два фактора: взаимодействие с волокнами основы (адгезия) и экологическая чистота компонентов. По этим причинам использовались компоненты связующего на базе полиэфирной смолы POLYLITE (компания NORPOL), имеющие российские и европейские

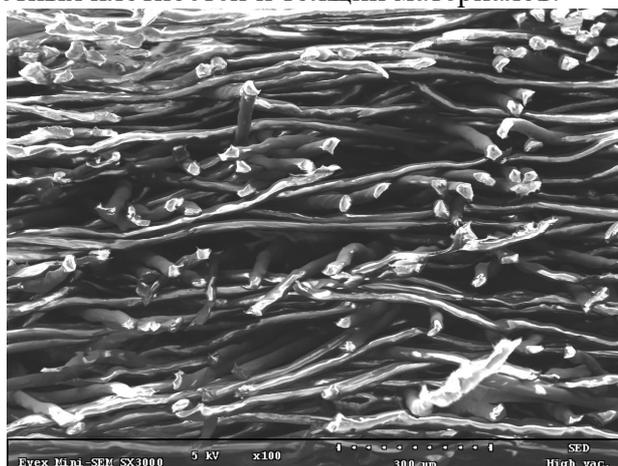
экологические и гигиенические сертификаты соответствия. Следует отметить, что такое связующее наилучшим образом взаимодействует с полиэфирными волокнами.

Изучение структуры нетканых полотен различных производителей при помощи микроскопа и томографа (рис. 3) позволило отдать предпочтение продукции завода «ТЕРМОПОЛ», выпускающего нетканые материалы под товарным знаком «Холлофайбер», по следующим причинам:

- сырье – 100% полиэфирные мононити;
- минимальный диаметр структурных элементов (проведенные расчеты показали, что в процессе полимеризации связующего наибольшие напряжения и деформации имеют волокна большего диаметра);
- большой диапазон изменения поверхностных плотностей и толщин материалов.



ПП - 100 %, формирование холста фильерное (спанбонд), аэродинамическое, иглопробивной термостабилизированный каландрированием, «Канвалон», ОАО «Ортон», 540,1 г/м<sup>2</sup>



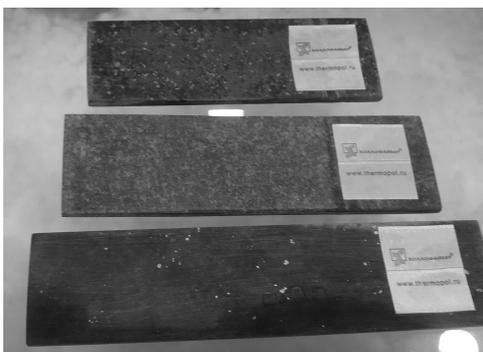
ПП - 100 %, формирование холста фильерное (спанбонд), аэродинамическое, иглопробивной термостабилизированный каландрированием, «Канвалон», ОАО «Ортон», 469,7 г/м<sup>2</sup>

Рис. 3. Структура нетканых полотен различных производителей.

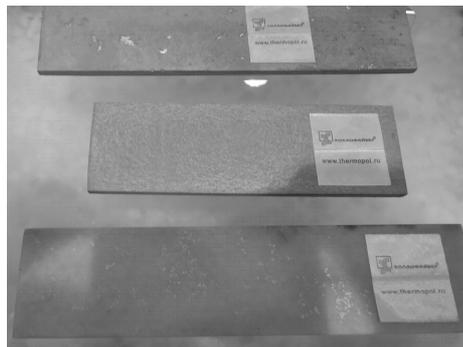
Указанные преимущества позволяют использовать нетканые полотна «Холлофайбер» в качестве основы для изготовления широкого спектра изделий, востребованных в промышленности, строительстве, ЖКХ: от пластин и труб до тепло-звукоизоляционных панелей и корпусов маломерных судов.

В связи с большими возможностями целевого использования изделий из композитов на основе нетканых полотен «Холлофайбер» были проведены исследования, направленные на увеличение прочностных характеристик композитов при минимальных затратах. Для этого в состав связующего были введены специальные вещества, которые с учетом особенностей процесса полимеризации связующего в поровом пространстве основы, могут способствовать изменению физико-механических свойств готового изделия.

В результате экспериментов получены композиционные материалы, имеющие разрывное удлинение на 20 – 45 % выше по сравнению с аналогичными образцами, изготовленными по обычной технологии без добавок (рис. 5). Кроме того, разработанные образцы имеют повышенную ударную прочность.



А



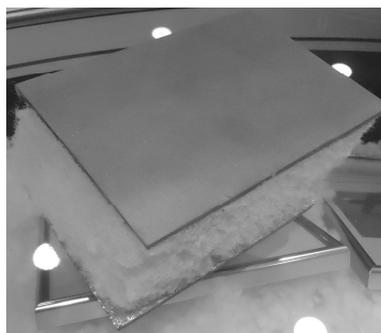
Б

Рис. 4 а,б. Образцы изделий, имеющих повышенную прочность

Учитывая результаты проведенных исследований, а также крайне незначительную величину эффективного коэффициента теплопроводности  $\lambda_{эф}$ , в частности материалы марки «Холлофайбер Строй», поверхностной плотностью 2500 г/м<sup>2</sup>, 3000 г/м<sup>2</sup>, 3500 г/м<sup>2</sup> имеют  $\lambda_{эф} = 0,037 - 0,039$  Вт/(м<sup>2</sup>·0С), совместно с компанией «ТЕРМОПОЛ» созданы образцы звуко и теплоизоляционных панелей (рис. 5), имеющих экологические и гигиенические сертификаты соответствия, что позволяет использовать их в промышленных и жилых помещениях.



а



б

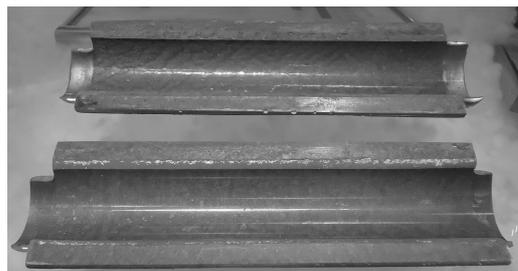
Рис. 5 а,б. Образцы звуко и теплоизоляционных панелей

Кроме того, разработаны и изготовлены ударопрочные, термоизоляционные и гидростойкие защитные оболочки теплоизоляции магистральных трубопроводов, прокладываемых не только в городах, но и в гористой местности, а также районах с пониженной температурой (Крайний Север, Западная Сибирь). Монтировать такие изделия предполагается двумя способами:

- обмотка труб теплоизоляционным нетканым материалом «Холофайбер», с последующим креплением оболочек сверху и снизу трубопровода (рис. 6);



а



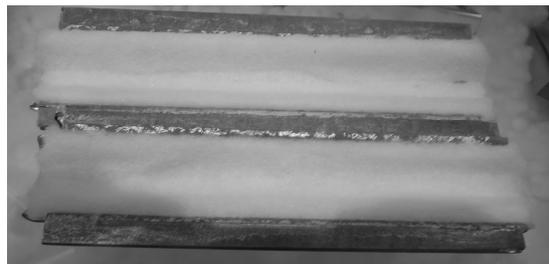
б

Рис. 6 а,б. Образцы защитных оболочек

- проклейка теплоизоляционного нетканого материала «Холофайбер» внутри каждой из оболочек и затем их соединение между собой при помощи обычных скоб (рис. 8).



а



б

Рис. 7 а,б. Образцы защитных оболочек с внутренней теплоизоляцией

Данные изделия легко монтируются одним человеком.

Анализ стоимости показал, что предлагаемые защитные оболочки в 3-5 раз дешевле по сравнению с пенополиуретановыми, уже имеющимися на рынке РФ.

В настоящее время ведется документированное технико-экономическое обоснование разработок для крупных российских коммерческих и государственных заказчиков с последующим проектированием технологической линии по изготовлению звуко и теплоизоляционных панелей и защитных скорлуп с целью создания опытного производства на базе компании «ТЕРМОПОЛ», выпускающей нетканые материалы под товарным знаком «Холлофайбер».

#### Список литературы

1. Киселев М,В., Трещалин Ю,М. (2013) Деформация одиночного волокна при полимеризации связующего в порах нетканой основы.// Изв. вузов. Технология текстильной промышленности, №3, С. 84-88.
2. Киселев М,В., Трещалин Ю,М. (2013) Создание и исследование композиционных материалов на основе нетканых полотен // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности, №2, С. 95-101.
3. Киселев А,М. (2012) Моделирование структуры и деформационных свойств волокнистых холстов: дис. Канд. Техн наук // А.М Киселев. – Кострома: ФБГОУ ВПО КГТУ

#### References

1. Kisselev M, V., Treshalin Yu, M. (2013) Deformation of single fibre during binder polymerization in non-woven pores.// Proceedings of Higher Education Estab./ Textile Industry Technology, №3, С. 84-88.
2. Kisselev M, V., Treshalin Yu, M. (2013) Creation and research of composition materials on non-woven cloth basis // Proceedings of Higher Education Estab. Textile Industry Technology, №2, С. 95-101.
3. Kisselev A, M. (2012) Modelling of structure and deformation properties of fibre linen: thesis. Cand. Techn. Sciences // A. M Kisselev. – Kostroma: FBSEE HEU KSTU

Юрий Михайлович Трещалин, К.т.н, исследователь-материаловед, МГТУ Станкин, Россия 127055, г. Москва, Вадковский переулок, д. 3, 89263232289, antropog@yandex.ru

Александр Николаевич Боначев, Ген.Директор ООО Термопол, Россия, 121471, г.Москва, ул.Рябиновая, д. 43А, (499) 973-30-66, info@thermpol.ru

Михаил Юрьевич Трещалин, Д.т.н., Проф., Зам. Декана МГУ им М.В. Ломоносова, Россия, г. Москва, Ленинские горы, д. 1, 89035527576, mtreschalin@mail.ru

Михаил Владимирович Киселев, Д.т.н., Проф., Проректор по научной работе КГТУ г. Кострома  
Россия, 156000 г.Кострома, ул.Дзержинского,17, 89101931111, science@kstu.edu.ru

УДК 677.017

## **УЛУЧШЕНИЯ СВОЙСТВ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КОНКУРЕНТОСПОСОБНЫХ ИЗДЕЛИЙ**

Хамматова Э.А.

Казанский национальный исследовательский технологический университет,  
[venerabb@mail.ru](mailto:venerabb@mail.ru)

В работе рассматривается процесс обработки плазмой многофункциональных текстильных материалов специального назначения для повышения механических свойств швейных изделий. Представлены результаты исследования механических характеристик текстильных материалов, критерием оценки которых являлись относительная разрывная нагрузка, относительное разрывное удлинение и стойкость к истиранию. Установлено, что на процессы модификации текстильных материалов с содержанием натуральных и синтетических волокон влияют характеристики потока «холодной» плазмы. После плазменной модификации повышение свойств происходит за счет конформационных изменений макромолекул целлюлозы, вследствие чего, происходит усиление межмолекулярных водородных связей между гидроксильными группами, что приводит к увеличению механических показателей образцов.

Разработанный многофункциональный текстильный материал для рабочей одежды специального назначения должен защитить от неблагоприятных производственных факторов, то есть должна обладать изностостойкостью, обеспечивать безопасность работы и сохранять здоровье рабочих.

**Ключевые слова:** ПЛАЗМА, МОДИФИКАЦИЯ, ПРОЧНОСТЬ, СТОЙКОСТЬ К ИСТИРАНИЮ, ТЕКСТИЛЬНЫЙ МАТЕРИАЛ, СПЕЦИАЛЬНАЯ ОДЕЖДА.

## **IMPROVEMENT OF PROPERTIES OF MULTI-FUNCTIONAL TEXTILE MATERIALS OF SPECIAL PURPOSE FOR PRODUCTION OF COMPETITIVE PRODUCTS**

Khammatova E.A.

Kazan National Research Technological University, [venerabb@mail.ru](mailto:venerabb@mail.ru)

The paper considers the process of special purpose to improve the mechanical properties of garments by plasma multifunctional textile materials. The investigation results of mechanical characteristics of textile materials, assessment criterion which were relative tensile load, relative fracture extension and abrasion resistance. It is established that the processes of modification of textile materials containing natural and synthetic fibers affect the flow characteristics of the cold plasma. After plasma modification enhancing properties occurs due to conformational modifications of macromolecules cellulose, which resulted in the strengthening of the intermolecular hydrogen bonds between the hydroxyl groups, which leads to the increase of mechanical indexes of samples.

Developed multifunctional textile material of special purpose for the working clothes must be protected from harmful industrial factors that should be resistant to abrasion, to ensure security and maintain the health of workers.

**Key words:** PLASMA, MODIFICATION, DURABILITY, RESISTANCE TO ABRASION, of TEXTILE MATERIAL, SPECIAL CLOTHING.

Проблема конкурентоспособности изделий специального назначения занимает одно из центральных мест. Особую остроту она приобрела в отношении вредных производств связанных с нефтеперерабатывающей и химической промышленностью, став одним из самых серьезных проблем при производстве и эксплуатации изделий специального назначения, которые выполняют защитные функции в процессе производства химической продукции и обеспечивают нормальное физиологическое функционирование человеческого организма в опасных или вредных условиях труда [1, с. 6].

Потребительские функции швейных изделий специального назначения зависят в равной степени от свойств применяемых текстильных материалов, и от совершенствования технологических процессов в сфере текстильного производства, где материалы подвергаются механическим и физико-химическим методам воздействия. Как показали аналитические исследования, для улучшения качества текстильных материалов применяются в основном методы химической модификации.

При решении поставленной задачи использовали электрофизический метод воздействия с использованием плазменной установки. Среди электрофизических методов модификации наибольший интерес вызывают исследования на основе использования потока «холодной» плазмы высокочастотного (ВЧ) разряда пониженного давления, так как данный вид разряда обеспечивает модификацию не только поверхности, но и всего объема обрабатываемого материала [2, с.87]. Кроме того, характеристики потока «холодной» плазмы влияют на процессы модификации текстильных материалов с содержанием натуральных и синтетических волокон.

На основе проведенного обзора установлено, что на сегодняшний день одной из важных проблем является потеря механических свойств материалов для швейных изделий специального назначения до окончания нормативного срока носки.

Результаты исследования механических характеристик текстильных материалов, критерием оценки которых являлись относительная разрывная нагрузка и относительное разрывное удлинение представлены на рисунках 1 и 2. Объектом исследования выбран многофункциональный текстильный материал для спецодежды с водоотталкивающей пропиткой «Климат Standard 250А» (арт. 81429).

Разрывная нагрузка многофункционального текстильного материала является важнейшим механическим показателем материалов для швейных изделий специального назначения. Стандартный метод экспериментальной оценки разрывной нагрузки материалов (ГОСТ 3813-72) позволяет определить их выносливость, то есть устойчивость к действию многоцикловых нагрузок.

В первом этапе, экспериментально установлено, что характер кривых для всех видов плазмообразующих газов однотипен. Максимальные показатели прочности многофункционального текстильного материала «Климат Standard 250» (рис. 1) достигаются при времени обработки в течение 6 мин в плазмообразующем газе аргон: 29 % по длине и 25 % по ширине ткани относительно контрольных образцов, что связано с упорядочиванием структуры целлюлозы и повышением ее кристаллической фазы. После обработки в смеси плазмообразующего газа аргон - пропан - бутан в соотношении соответственно 70 % к 30 % разрывная нагрузка отличается менее чем на 14 %. Данный вид разряда позволяет не только упрочнять исследуемый ассортимент тканей, но и одновременно повышать их относительное разрывное удлинение (рис. 2), в плазмообразующем газе аргон максимально на 16,5 %, а в смеси газов аргон – пропан-бутан эти показатели ниже, соответственно на 3-4 %.

Увеличение прочности и относительного разрывного удлинения образцов после плазменной модификации происходит за счет конформационных изменений макромолекул целлюлозы, вследствие чего, происходит усиление межмолекулярных водородных связей между гидроксильными группами, что приводит к увеличению механических показателей образцов.

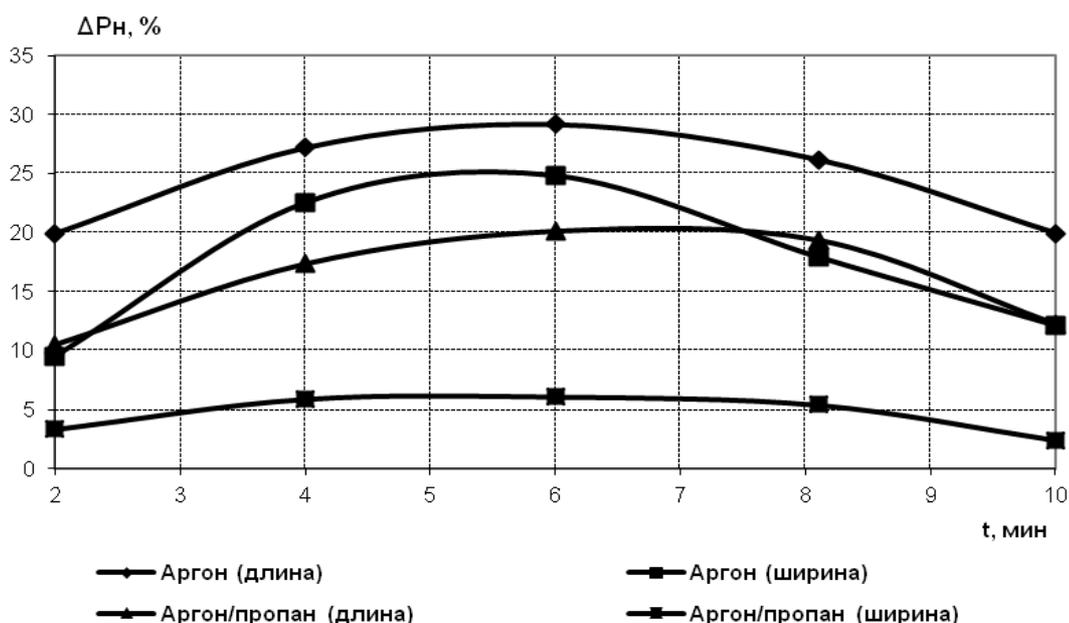


Рис. 1 – Влияние времени обработки потоком «холодной» плазмы на разрывную нагрузку многофункционального текстильного материала ( $G_{Ar}=0,04\text{г/с}$ ;  $P=26,6\text{ Па}$ ;  $P_p=1,7\text{ кВт}$ )

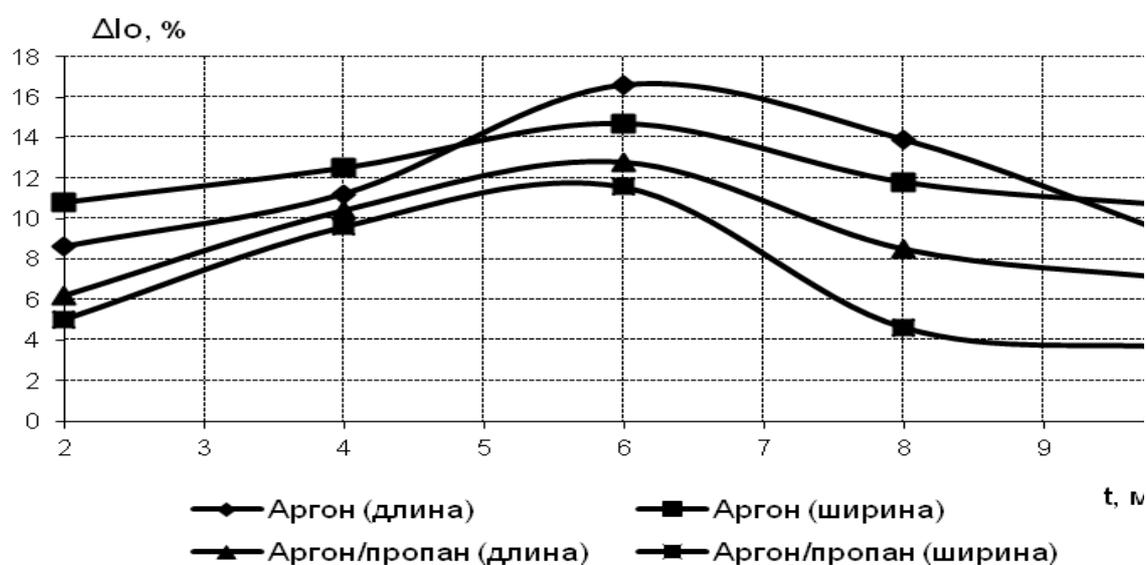


Рис. 2 – Влияние времени обработки потоком «холодной» плазмы на относительное разрывное удлинение многофункционального текстильного материала ( $G_{Ar}=0,04\text{г/с}$ ;  $P=26,6\text{ Па}$ ;  $P_p=1,7\text{ кВт}$ )

Для большинства тканей специальной одежды важными эксплуатационным свойством определяющим размеры и форму швейных изделий, является не только прочность, но и стойкость к истиранию [3, с.144].

Истирание является основной причиной износа материалов при значительном воздействии производственных условий эксплуатации под действием трения и сопровождается ухудшению свойств многофункционального текстильного материала, а в отдельных случаях делающих невозможным дальнейшее использование изделий по назначению. В конечной стадии истирания, когда нарушения в структуре нитей и ткани достигают критических значений, процесс разрушения идет чрезвычайно быстро и

сопровождается удалением из ткани отдельных волокон и разрушенных участков нитей. Имеет место значительная потеря массы материала.

Экспериментальные исследования по определению стойкости к истиранию многофункционального текстильного материала осуществлялось по стандартной методике, согласно ГОСТ 9913-90.

Для проведения испытания из каждой отобранной точечной пробы вырезались по диагонали по три элементарных образца диаметром 80 мм для каждого вида испытания. На приборе ТИ-1М определяли выносливость образцов по числу циклов истирания до полного их износа (образования дыры). Подсчитывались как среднее арифметическое значение выносливости всех проб. Число циклов истирания фиксировали счетчиком. Погрешность среднеарифметического значения не превышала 0,1%.

На основе проведенных исследований установлено, что на показатель стойкость к истиранию существенное влияние оказывают вид плазмообразующего газа, время воздействия и мощность разряда. В таблице 1 зафиксированы изменения стойкости к истиранию от параметров обработки плазмой.

Как показали исследования, повышение стойкости к истиранию в плазмообразующем газе аргон максимально на 23 %, а в смеси газов аргон – пропан-бутан эти показатели ниже, соответственно на 3-7 %, вследствие того, что происходит усиление межмолекулярных водородных связей между гидроксильными группами и уплотнение надмолекулярной структуры хлопковых волокон.

Таблица 1 Изменение стойкости к истиранию от параметров обработки плазмой ( $G = 0,04$  г/с;  $P = 26,6$  Па;  $f = 13,56$  МГц)

Виды тканей	Стойкость к истиранию (увеличение, %)					
	аргон – 100 %			аргон – 70 % пропан-бутан-30 %		
	$\tau=3$ мин	$\tau=6$ мин	$\tau=9$ мин	$W_p=1,3$ кВт	$W_p=1,7$ кВт	$W_p=2,0$ кВт
Климат Standard 250 (250*)	21,0	23,0	19,5	14,0	20,0	15,0
Премьер Standard 210 (210)	9,5	17,0	11,0	7,8	12,0	9,0
ЗПМ 216/4 (220)	14,5	20,0	17,0	12,0	16,0	14,0

\* Поверхностная плотность, г/м<sup>2</sup>.

#### Заключение

Выпуск материалов, отвечающих наилучшим отечественным видам тканей, немислимо без применения новейших технологий. Важнейшее развитие традиционных технологических процессов на этапах как выпуска текстильных материалов для разработки спецодежды нередко способствуют к значительному увеличению стоимости изделий и незначительному улучшению их механических показателей качества.

Максимальные показатели прочности многофункционального текстильного материала достигается при времени обработки в течение 6 мин в плазмообразующем газе аргон: 29 % по длине и 25 % по ширине ткани относительно контрольных образцов.

Повышение относительной разрывной нагрузки достигается в плазмообразующем газе аргон максимально на 16,5 %, а в смеси газов аргон – пропан-бутан эти показатели ниже, соответственно на 3-4 %. При этом наблюдается повышение стойкости к истиранию в плазмообразующем газе аргон максимально на 23 %, а в смеси газов аргон – пропан-бутан эти показатели ниже, соответственно на 3-7 %.

#### Список литературы

1. Пустыльник, Я.И. (2007) Безопасность для каждого рабочего // Рабочая одежда. № 4 (39). – С. 6-7.
2. Шарнина, Л.В., Телегина Ф.Ю. (2008) Текстильный материал, как объект плазменной обработки. Гидрофилизация поверхности // Известия Вузов: Химия и химическая технология. – Т.51. – Вып. 3. – С. 86-90.
3. Абдуллин И.Ш., Хамматова В.В., Кумпан Е.В. (2011) Исследование влияния комплексного воздействия потока низкотемпературной плазмы на механические свойства натуральных полимерных материалов // Вестник Казанского технологического университета. - Казань, № 16. - С. 144-147.

#### Сведения об авторе:

-Хамматова Эльмира Айдаровна, ассистент, Казанский национальный исследовательский технологический университет, 420015 г.Казань, Карла Маркса, 68; рабочий +7(843) 2314197, мобильный 89172734410; [venerabb@mail.ru](mailto:venerabb@mail.ru).

## **К ВОПРОСУ О ПОВЫШЕНИИ КАЧЕСТВА ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ВОЛОКОННЫХ АРАМИДНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

В.Ю. Лакунин, Г.Б. Складорова, М.М.Шаблыгин

ОАО "Каменскволокно"

Промышленный выпуск отечественных арамидных материалов – нитей, волокон, пленок, востребованных в народном хозяйстве и оборонной промышленности, требует совершенствования технологического оформления.

Проблема получения стабильных свойств арамидов связана с решением комплекса новых научно-практических задач, включая исходное сырьё, промежуточные продукты синтеза полимерных растворов, параметры прядения и термоупрочнения нитей, физико-механические характеристики сверхвысокопрочных высокотермостойких волокон и нитей.

К настоящему времени разработаны и внедрены технологические схемы получения нитей товарных знаков СВМ, Русар, Руслан с физико-механическими свойствами, превышающими свойства импортных аналогов.

Комплекс мероприятий, проведенный на предприятии, позволил в течение последних лет разработать новые виды арамидных гомо- и сополимерных нитей и комбинированных многокомпонентных систем.

Использование современных компьютерных технологий позволило подойти к совершенствованию инструментальных методов измерений структурно-аналитических параметров, повышающих точность измеряемых величин и достоверность результатов анализа.

В таблице 1 приведена краткая схема аналитического контроля исходных, промежуточных продуктов и готовых арамидных материалов: нитей, плёнок и тканей в производственных условиях на ОАО «Каменскволокно». Во всех случаях применения инструментальных методов анализа использована разработанная методика метода внутренней стандартизации. Для повышения воспроизводимости результатов анализа в двух независимых лабораториях получены данные от четырёх исполнителей, что даёт достоверность анализа с вероятностью не менее 90%.

В качестве примера приведены данные аналитического контроля двух схем анализа, наименование продуктов по старой и новой схемам и время анализа.

Таблица 1 Сравнение двух схем аналитического контроля

№	Анализируемый параметр	Старая схема анализа	Время по старой схеме	Новая схема анализа	Время по новой схеме
1.	Растворитель	весовой метод	90 мин.	ИКС	15 мин.
2.	Состав диамина	-	-	ИКС, ДСК	30 мин.
3.	Концентрация раствора	весовой метод	150 мин.	ИКС, УФС	20-30 мин.
4.	Состав олигомера	-	-	ИКС плёнок	10 мин.
5.	Состав полимера	-	-	ИКС нитей	30 мин.
6.	Нить – активная среда	весовой метод	180 мин.	ИКС плёнок	10 мин.
7.	Идентификация нити	визуальная	180 мин.	ИКС нитей, Рентген	20 мин.
8.	Идентификация ткани	визуальная	10 мин.	ИКС	10 мин.

Анализ данных таблицы 1 показывает преимущества применения инструментальных методов как по времени и точности измерений, так и по возможностям эксплуатации системы анализа, включающей автоматизацию управления процессами синтеза полимерных прядильных растворов, их прядения при осаждении и термоупрочнении нитей.

Для нового подхода к анализу и контролю структурного состава использован метод внутренней стандартизации в сочетании с оптимальным выбором условий проведения спектральных измерений и алгоритмом учёта систематических погрешностей измерений. Разработанный программный комплекс "МВС-Анализ" был апробирован в лабораторных условиях ФГОУ «Московский государственный университет дизайна и технологии» и

использован в технологических режимах получения нитей торговых марок СВМ™, Руслан™, Русар™ производства ОАО «Каменскволокно».

на комбинате разработана технология получения микрофиламентного волокна Русар, которая защищена патентом.

В таблице 2 представлены физико-механические показатели серийной и микрофиламентной нитей Руслан™, которые превосходят данные нитей термостойкого арамида Кевлар™.

Таблица 4.2. Физико-механические показатели нитей Руслан™.

Показатели	Серийная нить		Микрофиламентная нить
	29,4	58,8	29,4 и 58,8 текс
Отклонение фактической плотности от номинальной, %, не более	±3	±3	±4
Удельная разрывная нагрузка, сН/текс, не менее	250	230	250-280
Коэффициент вариации по разрывной нагрузке, %, не более	-	-	10
Удлинение при разрыве, %, не менее	2,7	2,7	2,7-3,5
Крутка, кр/м	100±10	100±10	50±10
Число филаментов в нити	200	300	300/600

Для освоения современных инструментальных методов анализа и внедрение их в систему технологического контроля в условиях ОАО «Каменскволокно» создана специализированная лаборатория, оснащенная спектральными приборами ИК, УФ-спектроскопии, ДСК. Проводится обучение инженерных кадров различного уровня.

На базе ОАО «Каменскволокно» проводится ежегодные научно-практические конференции с привлечением родственных предприятий, институтов и университетов. Несколько специалистов комбината закончили обучение в аспирантурах с защитой работ на соискание ученых степеней кандидатов наук.

Все это вселяет уверенность дальнейшего развития и внедрения наших арамидных изделий, защищенных рядом патентов, в промышленность средств индивидуальной защиты и специальной защитной одежды. Особое место занимает внедрение новых разработок в авиационную промышленность с учетом уникальных свойств волокон и нитей при производстве новых современных композитных материалов.

## **НОВЫЕ МЕТОДЫ ПРИДАНИЯ ОГНЕСТОЙКОСТИ ТЕКСТИЛЬНЫМ МАТЕРИАЛАМ**

Р.Н.Сабирзянова, И.В.Красина

Казанский национальный исследовательский технологический университет  
ramfar@mail.ru, [irina\\_krasina@mail.ru](mailto:irina_krasina@mail.ru)

Работа заключается в придании огнестойкости текстильных материалов, применением вспучивающего антипирена. Перед пропиткой текстильные материалы обрабатываются низкотемпературной плазмой пониженного давления для придания гидрофильных свойств. После этого образцы пропитываются вспучивающим раствором и проверяются на огнестойкость по ГОСТу 30402-96 и ГОСТу Р 12.4.200-99. Проведенные исследования показали, что вспучивающий антипирен придает огнезащитные свойства текстильным материалам.

**Ключевые слова:** ТЕКСТИЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ВСПУЧИВАЮЩИЙ АНТИПИРЕН, НИЗКОТЕМПЕРАТУРНАЯ ПЛАЗМА, ОГНЕСТОЙКОСТЬ, ВОСПЛАМЕНЯЕМОСТЬ, ПРИВЕС

### **NEW METHODS GIVE THE FIRE RESISTANCE OF TEXTILE MATERIALS.**

SABIRZYANOWA R.N., KRASINA I.W.

KAZAN STATE TECHNOLOGICAL UNIVERSITY, ramfar@mail.ru,  
[irina\\_krasina@mail.ru](mailto:irina_krasina@mail.ru)

The work consists of giving fire resistance of textile materials, the use of intumescent fire retardant. Before impregnation of textile materials processed by low-temperature plasma of reduced pressure to give hydrophilic properties. After that the samples are impregnated with intumescent solution and tested for fire resistance according to GOST 30402-96 and GOST R 12.4.200-99. Studies have shown that intumescent fire retardant gives the flameproof properties of textile materials.

**Keywords:** TEXTILES, INTUMESCENT FIRE RETARDANT, LOW-TEMPERATURE PLASMA, FLAME RETARDANT, FLAMMABILITY, WEIGHT GAIN

### **Новые методы придания огнестойкости текстильным материалам**

Текстильная промышленность в целом потенциально является весьма рентабельной отраслью с высокой оборачиваемостью финансовых ресурсов, имеет относительно большую потребность в оборотных средствах и может обеспечить высокий уровень поступления средств в федеральный и местный бюджеты. Сохранение и развитие производственного потенциала отрасли – основа социальной стабильности общества и экономической безопасности страны.

Решение проблемы инновационного развития текстильной отрасли, значительное внимание уделяется созданию материалов, обеспечивающих защитные функции, в т.ч. создание материалов для спецодежды и средств индивидуальной защиты [1].

Для снижения пожарной опасности текстильных материалов используются замедлители горения различного состава. Антипилены – вещества, затрудняющие воспламенение и горение материалов. В практике используются неорганические и органические антипилены, среди которых популярны фосфорсодержащие соединения. Применяются до сих пор и галогенсодержащие антипилены, хотя известно, что они ухудшают физико-механические свойства модифицируемого ими материала. Кроме того, при горении полимеров, модифицированных галогенсодержащими антипиленами, увеличивается дымообразование и количество токсичных продуктов [2].

Целью научной работы является получение огнестойких текстильных материалов, применением вспучивающего антипирена.

Назначение вспучивающегося покрытия — предотвращение распространения огня по поверхностям строительных конструкций и защита от термического воздействия пожара. По

сравнению с традиционными способами огнезащиты применение таких покрытий позволяет значительно снизить дополнительную статическую нагрузку. Вспучивающиеся составы удобны в применении, поскольку наносятся, как правило, кистью или набрызгиванием.

Существует много видов вспучивающего антипирена. В последнее время ассортимент огнезащитных вспучивающихся компонентов растет с каждым днем. Но характеристика и принцип действия их направлено в одну цель: при достижении критической температуры состав расширяется (сильно вспучивается), обеспечивает повышение время огнезащитных свойств [3].

Новые технологии производства вспучивающихся огнезащитных материалов дают возможность существенно повысить огнестойкость древесины обеспечивая при этом ее экономическую эффективность. Так как древесина как и ткань, состоит преимущественно из целлюлозы, мы решили пропитать ткань вспучивающим антипиреном и испытать на огнестойкость.

Таким образом, актуальными являются исследования в области разработки вспучивающих композитов. В нашем случае, мы решили исследовать, как повлияет вспучивающий антипирен на текстильные материалы. Это область еще не изучена, хотя многие пытались использовать вспучивающий антипирен для текстильных материалов. Но к сожалению, не смогли получить хорошие результаты [4].

Объектами исследования были выбраны ткани хлопкополиэфирные: «Карелия» (состав 80% ВХ, 20% ПЭ) и «Галактика- Комфорт» (состав 53% ВХ, 47% ПЭ).

В качестве замедлителя горения мы использовали раствор вспучивающего антипирена. В состав вспучивающего антипирена входят: меламин, аммоний фосфорнокислый, пентаэритрит и карбамид в соответствующих пропорциях.

Нанесение вспучивающего огнезащитного состава выполнялось на текстильный материал после объемной обработки образцов низкотемпературной плазмой пониженного давления. Плазменная обработка не увеличивает огнестойкость материалов в отсутствие огнестойких аппретов. Она позволяет изменить свойства поверхности материалов в широких пределах, улучшает гидрофильные свойства текстильного материала, увеличивает смачиваемость ткани, приводит к более эффективному и равномерному растворопоглощению [5]. Испытания на огнестойкость проводилось по ГОСТу 30402-96 и ГОСТу Р 12.4.200-99, результаты которых приведены в таблицах 1 и 2.

В данной таблице описаны результаты испытания образцов по ГОСТу 30402-96. Результаты показывают, что образцы пропитанные антипиреном способны противостоять огню - не воспламеняются и хорошо вспучиваются.

Вспучивающие антипирены поглощают тепло в результате разложения, выделяют ингибиторные газы, высвобождают воду, ускоряют образование коксового слоя на поверхности материала. Этот антипирен при нагревании увеличивает толщину слоя в 1,5-2 раз. Образование этого слоя происходит за счет выделяющихся при нагревании газо- и парообразных веществ. Коксовый слой обладает высокими теплоизоляционными качествами.

В таблице 2 приведены результаты испытания образцов на открытом пламене по ГОСТу Р 12.4.200-99. И в этом эксперименте мы видим, что образцы обрели огнезащитные свойства после пропитки антипиреном и вспучиваются.

Для придания огнезащитных свойств текстильным материалам надо учитывать все возможные условия. Результаты испытаний, приведенных в таблицах показали, что при придании огнестойких характеристик, большую роль играет химический состав, строение, толщина, привес образцов, концентрация раствора и другие. В нашем случае огнестойкость хлопчатобумажных тканей в смеси с полиэфиром можно повысить пропитав их вспучивающим 14% антипиреном и добившись 40-35 % привеса.

Таблица 1

№№	Образцы	пропитка	30 кВт/м <sup>2</sup>	50 кВт/м <sup>2</sup>
1	<b>Ткань хлопкополиэфирная «Карелия-2»</b>	Без пропитки	Дым 5 сек., почернел 10 сек, воспламенился 14сек	Дым 2 сек., почернело 4 сек., обуглилась 5 сек., воспламенился 6 сек.
2	80%ВХ 20%ПЭ <i>Привес 40%</i>	Вспучивающий антипирен <i>Концентрация р-ра 14%</i>	Дым 1 сек, почернел 8 сек., вспучивается, не воспламенился	Дым 1 сек., почернел 2 сек., вспучивается, не воспламенился
3	<b>Ткань хлопкополиэфирная «Галактика-Комфорт»</b>	Без пропитки	Дым 4 сек., п/э нить расплавилась 15 сек., воспламенился 12сек	Дым 2 сек., п/э нити расплавились 6 сек., воспламенился 9 сек
4	53%ВХ 47%ПЭ <i>Привес 35%</i>	Вспучивающий антипирен <i>Концентрация р-ра 14%</i>	Дым 2 сек., почернел 4 сек., вспучивается, не воспламенился, нити п/э расплавились	Дым 1 сек., п/э нити расплавились 2 сек., не воспламенился, вспучивается

Таблица 2

Образец	Пропитка	Результат
Ткань хлопкополиэфирная «Карелия-2»  80% ВХ 20% ПЭ  <i>Привес 40 %</i>	Без пропитки	Загорелся на 4 сек., не капает, не искрится, горит быстро, сгорел весь, пламя сильное
	Вспучивающий антипирен <i>Концентрация р-ра 14%</i>	Не воспламенился, не тлеет, почернел на 4 сек., не капает, не искрится, дым 3сек., вспучивается
Ткань хлопкополиэфирная "Галактика-Комфорт", 53%ВХ 47%ПЭ <i>Привес 35%</i>	Без пропитки	Загорелся на 2 сек., капает, искрится, горит быстро, сгорел весь, черный сильный дым
	Вспучивающий антипирен <i>Концентрация р-ра 14%</i>	Не воспламенился, не тлеет, почернел на 2 сек., не капает, искрится, дым 3сек, вспучивается

Во многих литературных источниках написано, что для придания огнестойких характеристик текстильным материалам, необходимо достаточное количество антипирена (не менее 30 % привеса образцам), что может негативно сказаться на физико-механических свойствах волокон.

При пропитке антипирена для достижения необходимого огнезащитного эффекта следует учитывать величину синтетической составляющей в смесевом текстильном материале.

Проведенные испытания показали, что возможно придание огнестойких свойств текстильным материалам, применением вспучивающего антипирена. В дальнейших исследованиях мы будем изучать огнестойкость других смесовых тканей и уменьшать концентрацию раствора и привес образцов, до получения огнезащитных свойств. Также надо исследовать закрепление частиц антипирена на волокнах текстильного материала.

#### Список литературы

1. Лаврентьева, Е.П., (2013), Инновационные текстильные материалы со специальными свойствами // Швейная промышленность
2. Артемов, А.В., Жильцов, В.А., Санников, С.С., (2012), Создание промышленной крейзинг- технологии получения полиэфирного волокна пониженной горючести// Полимерные материалы пониженной горючести
3. Сабирзянова, Р.Н., Красина, И.В., (2014), Исследование влияния вспучивающих антипиренов на повышение огнестойкости текстильных материалов // Вестник
4. Кричевский, Г.Е., Корчагин, М.В., Сехахов, А.В., (1985), Химическая технология текстильных материалов // Легпромбытиздат
5. Иванникова, И.М., Крючкова, О.В., Легчилина, Л.М., (1987), Свойства хлопчатобумажных тканей с отделками термореактивными смолами Текстильная промышленность // Швейная промышленность.

Сабирзянова Рамиза Наиловна- аспирант-89600353886  
Красина Ирина Владимировна- д.т.н., профессор-89046616124  
Казанский национальный исследовательский технологический университет  
Россия, г.Казань, ул. Карла Маркса, дом 68, 420015  
<http://www.kstu.ru>  
рабочий телефон: +7 (843) 238-56-94

Sabirzyanowa Ramiza Nailowna-postgraduate -89600353886  
Krasina Irina Wladimirowna- doctor of technical Sciences, professor-89046616124  
Russia, Kazan, street of Karl Marx, building 68, 420015  
KAZAN STATE TECHNOLOGICAL UNIVERSITY  
<http://www.kstu.ru>  
work phone: +7 (843) 238-56-94

## К ВОПРОСУ О МОЛЕКУЛЯРНОЙ И НАДМОЛЕКУЛЯРНОЙ УПОРЯДОЧЕННОСТИ В ВОЛОКНООБРАЗУЮЩИХ ПОЛИАМИДАХ

профессор Шаблыгин М.В.

МГУДТ им. А.Н.Косыгина

Хорошо известно, что существование амидной или пептидной группировки определяет молекулярную организацию в природных белках и полипептидах. Макромолекулы этих соединений образуют сложный надмолекулярный порядок, характеризующийся спиралевидными формами, которые реализуются посредством Н-связей пептидной или амидной группировки.

Аналогичным способом реализуется надмолекулярный порядок в некоторых нитях природного происхождения.

Волокнообразующие синтетические полимеры на основе алифатических, ароматических полиамидов и полиамидокислот имеют различные энергетические параметры Н-связей.

Для алифатических волокнообразующих полиамидов для образования упорядоченных структур необходимым условием является определенный тип чередования звеньев по типу «голова-хвост» (наилон-6) или по типу «голова-голова» - «хвост-хвост» (наилон 6,6; 6,10), что определяет возможность образования микрокристаллических последовательностей, а наличие алифатической гибкоцепной метиленовой группировки определяет повышенные значения гибкости макромолекул.

Надмолекулярный порядок связывают с образованием соответствующих Н-связей.

По данным спектроскопических и термодинамических измерений величина энергии Н-связи находится в пределах 15 дж/моль.

В ИК-спектрах в области  $3300 \text{ см}^{-1}$  наблюдается узкая полоса с полушириной  $70 \text{ см}^{-1}$ . В этом случае низкочастотный сдвиг валентных NH-колебаний под действием Н-связей для алифатических полиамидов достигает  $100 \text{ см}^{-1}$ .

Для ароматических полиамидов с присутствием ПФТА (п-фенилендиамин) сосуществуют два типа последовательностей соединения звеньев вдоль цепи макромолекулы по типу чередования «голова-голова-хвост-хвост» (кевлар, тварон) и по типу «голова-хвост» (СВМ, Русар, Руслан).

В макромолекулах этих полиамидов кроме амидных содержатся бензимидазные группировки.

Для ароматических систем спектрально доказано существование межмолекулярной Н-связи двух типов- по амидным и имидазольным группировкам, что четко фиксируют ИК-спектры.

Для арамидов с ПФТА плоскости бензольных ядер и амидных связей повернуты друг относительно друга. ИК-спектры СО и NH связей характеризуются узкими полосами с частотой ( $1650$  и  $3300$ )  $\text{см}^{-1}$ . Согласно измерениям частотных сдвигов валентных колебаний NH-связей два типа водородных связей. Один с энергией образования в пределах 10-15 дж/моль характеризуется узкой полосой поглощения  $3300^{-1}$ . Второй тип определяется диффузными полосами поглощения в низкочастотной области в пределах  $3300-3200 \text{ см}^{-1}$  с полушириной до  $1000 \text{ см}^{-1}$ .

Расчет относительной энергии образования Н-связей проведен по формуле:

$$\Delta H = -K \left[ \int_{\sigma_1}^{\sigma_2} \left[ \frac{D_T}{D_{\text{ПВС}}} (3600 - \sigma_T) \right]^{-1} \right]$$

где  $D_{\sigma}$ ,  $D_0$ - нормированные оптические плотности поглощения валентных NH-колебаний. Величина  $K$  зависит от характера Н-связи и оптической плотности нормировочной полосы.

Для неориентированного состояния ПФТА системы низкочастотный сдвиг полосы  $3300\text{ см}^{-1}$  почти не проявляется.

Для арамидных систем помимо бензамидных группировок существуют бензимидазольные ядра с иной системой Н-связей.

Как показали ИК-спектроскопические исследования этих арамидов и данные ДСК, при синтезе полиамидов этой группы наблюдаются существенные изменения Н-связей в характере чередования звеньев по смешанной системе «ГХ-ХГ» и «ГХ-ГХ».

Воздействие температурных полей на неориентированное состояние полиамида приводит к изменению типов водородных связей, что определяется валентными колебаниями NH- и СО- связей и незначительными их частотными сдвигами.

ИК-спектроскопические поляризационные исследования ориентированного состояния показали, что в процессах волокнообразования возможны структурные перестройки от бензамидных и бензимидазольных группировок к бензимидазольным и бензамидным группировкам. Последнее доказывает факт ужесточения макромолекул и явление самоориентации всей цепочки.

ИК-спектры ориентированного состояния нитей СВМ, Руслан, Русар показывают резкое увеличение энергии Н-связей.

Расчеты интегральных интенсивностей показали, что общая энергия водородного связывания возрастает в 2-4 раза. Об этом свидетельствуют низкочастотные «крылья» полос поглощения NH- связей.

Данные квантово-химических расчетов показали, что в зависимости от конформационного состояния макромолекулярных звеньев наблюдается «спектр» или набор разных типов Н-связей.

Технологическими приемами – условиями синтеза, формования и термоупрочнения можно направить структурно-химические изменения в цепях макромолекул с учетом требований потребителя.

Изучение характера взаимодействия полиарамидов (нити Русар) с активными средами (вода, пав, связующие для композитов) позволило получать энергетические параметры Н-связей и стабильные физико-механические показатели комбинированных систем.

Рассмотренные явления объясняют общепризнанный факт повышенных значений физико-механических показателей для нитей ряда Русар, Армос, Руслан, СВМ в сравнении с нитями ряда Кевлар, Тварон.

Это явление объясняется тем, что при тепловых обработках энергия Н-связи в нитях типа Кевлар понижается, а в нитях типа Русар наблюдается даже повышение.

Сравнительные исследования поведения тканей на основе нитей СВМ, Руслан, Русар, Тварон, Кевлар, используемые при производстве СИБ, показали повышенную прочность при разрыве отечественных нитей.

При пулевом воздействии на тканые полотна часть кинетической энергии осколка или пули переходит в тепловую энергию. При этом более сильная Н-связь и повышенная энергия работы столкновения в отечественных нитях более эффективно гасит часть кинетической энергии пулевого воздействия.

В заключении можно отметить, что «кооперативный» характер Н-связей, осуществляемый между бензимидазольными группировками на надмолекулярном уровне, объясняет существование не только двумерной упорядоченности, но и возможность спиралевидных образований, где подобно биосистемам происходит их стабилизация Н-связями.

## ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРОРАЗРЯДНОЙ НЕЛИНЕЙНОЙ ОБЪЕМНОЙ КАВИТАЦИИ НА СВОЙСТВА РАСТВОРОВ КИСЛОТНЫХ КРАСИТЕЛЕЙ

О.Я.Семешко

Херсонский национальный технический университет (Украина)  
[solgaya@gmail.com](mailto:solgaya@gmail.com)

В статье изучено влияние электроразрядной нелинейной объемной кавитации на свойства растворов кислотных красителей с целью интенсификации процесса крашения шерстяного волокна. С этой целью было исследовано влияние различной длительности электроразрядной обработки на спектры исследуемых кислотных красителей в видимом диапазоне, на радиус частиц красителей и изменение их размеров во времени после электроразрядной обработки. Установлено, что электроразрядная обработка способствует повышению интенсивности максимумов спектров поглощения и дезагрегации частиц кислотных красителей. При этом обработанные растворы сохраняют активированное состояние на протяжении 6 ч., что позволяет провести цикл крашения. С целью подтверждения интенсифицирующего действия электроразрядной нелинейной объемной кавитации, а также для определения оптимального времени ее воздействия на красильный раствор, проведено крашение необработанными и обработанными растворами кислотных красителей при температуре 60°C чтобы исключить влияние температуры на массообменные процессы. Установлено, что электроразрядная обработка растворов красителей значительно улучшает окрашиваемость шерстяного волокна по сравнению с крашением необработанными растворами.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** ШЕРСТЯНОЕ ВОЛОКНО, РАСТВОРЫ КИСЛОТНЫХ КРАСИТЕЛЕЙ, КРАШЕНИЕ ШЕРСТИ, ЭЛЕКТРОРАЗРЯДНАЯ ОБРАБОТКА, ЭЛЕКТРОРАЗРЯДНАЯ НЕЛИНЕЙНАЯ ОБЪЕМНАЯ КАВИТАЦИЯ.

## STUDY OF ELECTRO-BIT NONLINEAR VOLUME CAVITATION INFLUENCE ON PROPERTIES OF ACID DYE SOLUTIONS

Semeshko O.Y.

Kherson National Technical University (Ukraine)  
[solgaya@gmail.com](mailto:solgaya@gmail.com)

The paper studied the effect of electro-bit nonlinear volume cavitation on properties of acid dye solutions in order to intensify the wool fiber dyeing process. For said purpose the influence of different durations of electro-bit treatment on spectra of acid dyes in visible range, radius of colorant particles and change of their size over time after the electro-bit treatment were investigated. It is found that electro-bit treatment conduces to increase the maxima of absorption intensity and disaggregation of acid dye particles. Herein the treated solutions remain the activated state for 6 hours, allowing to conduct the dyeing cycle. With intent to confirm the intensifying action of electro-bit nonlinear volume cavitation as well as to determine the optimal time of its impact on the dyeliquor the wool fiber dyeing was carried out with untreated and treated acid dye solutions at 60°C to eliminate the influence of temperature on the mass transfer processes. It has been established that electro-bit treatment of dye solutions significantly improves dyeability of wool fiber compared with untreated dyeing solutions.

**KEYWORDS:** WOOL FIBER, ACID DYE SOLUTIONS, WOOL DYEING, ELECTRO-BIT TREATMENT, ELECTRO-BIT NONLINEAR VOLUME CAVITATION.

В современных условиях развития текстильной промышленности наибольший практический интерес представляют способы крашения шерсти при пониженной температуре, которые кроме экономии энергоресурсов обеспечивают ее минимальное повреждение, что в значительной мере облегчает последующую переработку шерсти в прядении и ткачестве, положительно влияет на качество готовых изделий. Однако снижение температуры сопровождается падением скорости крашения, поэтому применяют химические, биохимические и физические методы для интенсификации процесса крашения.

С экологической точки зрения физические методы интенсификации являются наиболее перспективными [1, 2].

В ранее проведенной работе [3] выявлено, что электроразрядная обработка растворов кислотных красителей повышает их сорбцию. Согласно утверждению авторов [4, 6] электроразрядная нелинейная объемная кавитация (ЭРНОК) способна интенсифицировать ряд химико-технологических операций, связанных с процессами диффузионного массопереноса, которые являются определяющими в процессе крашения.

Целью данной работы являлось изучение влияния ЭРНОК на свойства растворов кислотных красителей.

Для исследования были использованы кислотные красители различного химического строения: кислотный красный 2С – азокраситель и кислотный ярко-синий антрахиноновый, предварительно очищенные перекристаллизацией.

Для того чтобы оценить влияние электроразрядной обработки на состояние красителей в растворе, было проведено их спектрофотометрическое исследование. Концентрация красителей в растворах составляла 0,2 г/л, что соответствует 1%-ной концентрации красителя при  $M=50$  в периодическом крашении. Анализ спектров поглощения исследуемых красителей в видимом спектральном диапазоне позволил установить, что после электроразрядной обработки растворов красителей наблюдается увеличение интенсивности поглощения световых лучей (гиперхромный эффект). Отсутствие батохромных и гипсохромных сдвигов (сдвигов максимума поглощения в длинно- и коротковолновую область соответственно) на спектральных кривых, а также сохранение формы спектров свидетельствует о том, что хромофорные системы красителей не меняются. Заметное повышение интенсивности поглощения наблюдается уже после 15 с электроразрядной обработки, а увеличение длительности обработки более 60 с не приводит к заметному повышению интенсивности поглощения. Учитывая, что интенсивность поглощения является мерой вероятности перехода молекулы красителя в возбужденное состояние при взаимодействии со световыми лучами соответствующей длины волны, следует, что способность молекул красителя поглощать фотоны и переходить в возбужденное состояние выше в активированных растворах, чем в необработанных.

Повышение интенсивности максимумов спектров поглощения свидетельствует об усилении дезагрегации частиц красителей в воде. Очевидно, что данное явление будет способствовать повышению диффузионной подвижности красителей в растворе.

Для подтверждения данного предположения определены радиусы частиц по методу Нортопа и Ансона диффузией через пористую пластинку с помощью уравнения Стокса-Эйнштейна [6]. Данное уравнение применимо только к сферическим частицам, а форма мицелл красителей, как известно, далека от сферической. Сведбергом [7] было вычислено изменение коэффициента диффузии в зависимости от различных отклонений формы частиц от сферической и определено, что такие отклонения вызывают изменение коэффициента диффузии не более чем на 10% даже в том случае, когда частицы в четыре раза больше в длину, чем в ширину.

Представленные данные (рис. 1) подтверждают явление дезагрегации красителей в растворе под влиянием электроразрядной обработки – размеры частиц уменьшаются с увеличением длительности обработки, причем заметное уменьшение размера частиц на 25-30% по сравнению с начальными размерами наблюдается при длительности обработки 60 с. Дальнейшее увеличение времени обработки не приводит к значительным изменениям размеров частиц, что согласуется с результатами спектрофотометрического исследования.

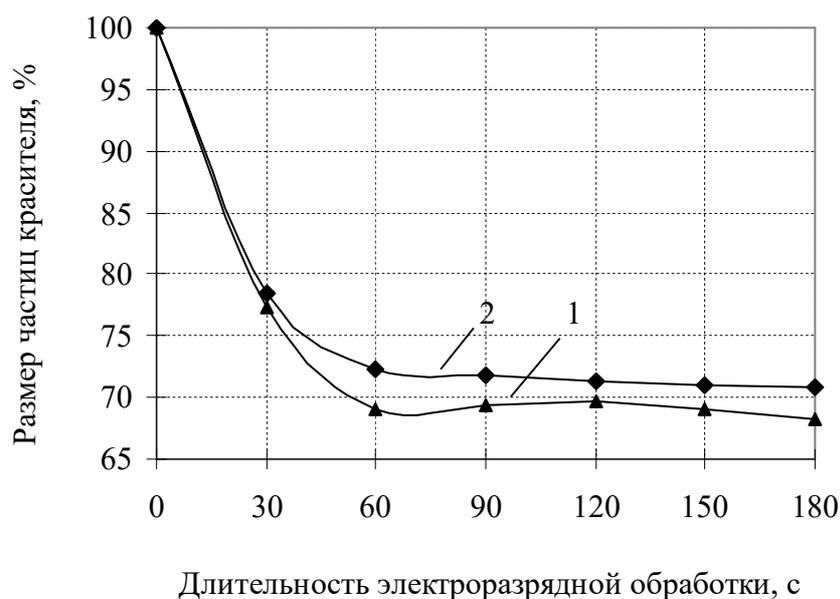


Рис. 1. Влияние электроразрядной обработки на радиус частиц кислотных красителей:  
 1 – кислотный красный 2С;  
 2 – кислотный ярко-синий антрахиноновый.

Известно, что периодическое крашение процесс длительный, поэтому представляло интерес определить время, в течение которого активированные растворы красителей сохраняют свои свойства. С этой целью исследовано изменение размера частиц красителей во времени после электроразрядной обработки. Согласно полученным результатам, обработанные растворы находятся в активированном состоянии на протяжении 3-х часов, а в начальное состояние возвращаются через 6 часов. Таким образом, времени, на протяжении которого сохраняется активированное состояние, достаточно для проведения цикла крашения.

Таким образом, можно заключить, что электроразрядная обработка не изменяет химическую структуру красителей, способствует усилению их дезагрегации и оказывает влияние на кислотные красители независимо от их молекулярной массы и строения. Можно предположить, что предварительная электроразрядная активация красильных растворов приведет к увеличению скорости диффузии красителей в растворе и, как следствие, к ускорению процесса крашения.

Чтобы подтвердить данную гипотезу, а также для определения оптимального времени воздействия ЭРНОК на красильный раствор, проводили крашение необработанными и обработанными 1%-ными растворами кислотных красителей при температуре 60<sup>0</sup>С на протяжении 60 мин. Режим крашения выбран с целью минимизировать влияние температуры на массообменные процессы. Исследования проводили на очищенной полутонкой цыгайской шерсти 50<sup>к</sup>. В процессе крашения определяли количество сорбированного шерстяным волокном красителя (рис. 2).

Представленные на рис. 2. данные свидетельствуют о том, что электроразрядная обработка растворов красителей значительно улучшает окрашиваемость шерстяного волокна по сравнению с крашением необработанными растворами. При длительности электроразрядной обработки в течении 30 с повышается сорбция кислотного красного 2С на 16%, кислотного ярко-синего антрахинонового – на 9%. Наиболее интенсивное выделение красителей наблюдается после предварительной 60-секундной активации растворов красителей, а дальнейшее увеличение длительности обработки не существенно влияет на окрашивание волокна. Представленные данные согласуются с ранее полученными нами результатами, поэтому за оптимальное время электроразрядной обработки выбрано 60 с.

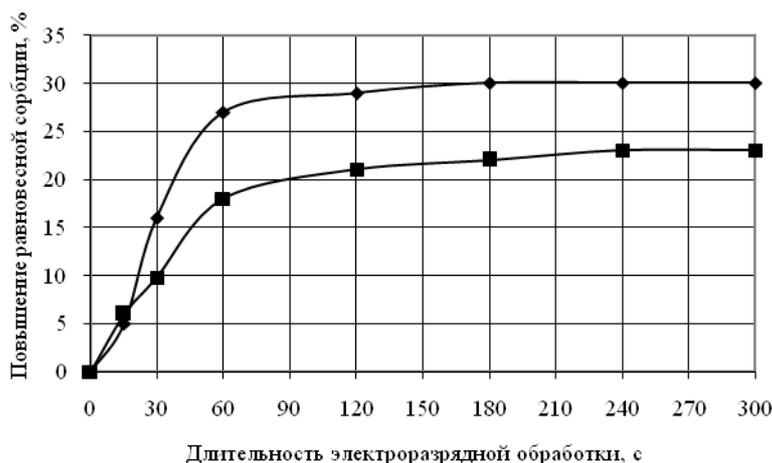


Рис. 2. Влияние длительности электроразрядной обработки на равновесную сорбцию кислотных красителей шерстью:  
1 – кислотный красный 2С; 2 – кислотный ярко-синий антрахиноновый.

Таким образом, в результате исследования установлено, что в результате электроразрядной обработки растворов кислотных красителей в течении 60 с уменьшаются размеры частиц красителей 25-30%, увеличивается их диффузионная подвижность, что позволило повысить количество сорбированных красителей на 9-16% по сравнению с крашением необработанными растворами.

#### Список литературы

1. Сафонов, В.В. (2006) Интенсификация химико-текстильных процессов отделочного производства. М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина. 405 с.
2. Новорадовская, Т.С., Садова, С.Ф. (1986) Химия и химическая технология шерсти. М.: Легпромбытиздат, 200 с.
3. Семешко, О.Я., Сарибекова, Ю.Г., Ермолаева, А.В. (2010) Исследование влияния электроразрядной нелинейной объемной кавитации на процесс крашения шерсти кислотными красителями // Вестник Херсонского национального технического университета. № 1(37). С. 166-170.
4. Юткин, Л.А. (1986) Электрогидравлический эффект и его применение в промышленности. Л.: Машиностроение. 253 с.
5. Промтов, М.А. (2004) Машины и аппараты с импульсными энергетическими воздействиями на обрабатываемые вещества: учеб. пособие. М.: Машиностроение. 136 с.
6. Виккерстафф, Т. (1956) Физическая химия крашения. М.: Гизлегпром. 574 с.
7. Svedberg, T. (1934) Some physical and chemical properties of the proteins // J. phys. chem. A. 167. P. 34.

#### References

1. Safonov, V.V. (2006) Intensifikacija himiko-tekstil'nyh processov otdelochnogo proizvodstva. M.: MGTU im. A.N. Kosygina. 405 s.
2. Novoradovskaja, T.S., Sadova, S.F. (1986) Himija i himicheskaja tehnologija shersti. M.: Legprombytizdat, 200 s.
3. Semeshko, O.Ja., Saribekova, Ju.G., Ermolaeva, A.V. (2010) Issledovanie vlijanija jelektrozrazjadnoj nelinejnoj ob'emnoj kavitacii na process krashenija shersti kislotnymi krasiteljami // Vestnik Hersonskogo nacional'nogo tehničeskogo universiteta. № 1(37). S. 166-170.
4. Jutkin, L.A. (1986) Jelektrogidravlicheskij jeffekt i ego primenenie v promyshlennosti. L.: Mashinostroenie. 253 s.
5. Promtov, M.A. (2004) Mashiny i apparaty s impul'snymi jenergetičeskimi vozdejstvijami na obrabatyvaemye veshhestva: ucheb. posobie. M.: Mashinostroenie. 136 s.

6. Vikkerstaff, T. (1956) Fizicheskaja himija krashenija. M.: Gizlegprom. 574 s.  
7. Svedberg, T. (1934) Some physical and chemical properties of the proteins // J. phys. chem. A. 167. P. 34.

Семешко Ольга Яковлевна – кандидат технических наук, младший научный сотрудник. Научно-исследовательский сектор Херсонского национального технического университета (Украина). 73008, Украина, г. Херсон, Бериславское шоссе, 24.

Тел. раб.: (0552)51-64-49. Тел. моб.: +380667364061. E-mail: [solgaya@gmail.com](mailto:solgaya@gmail.com).

Semeshko Olga Y. - Candidate of Engineering Sciences, junior research assistant. Research sector of Kherson National Technical University (Ukraine). 73008, Ukraine, Kherson, Beryslavske shosse, 24. Tel.: (0552)51-64-49, +380667364061. E-mail: [solgaya@gmail.com](mailto:solgaya@gmail.com)

УДК 677.4:541.183.2.678

## **НОВЫЙ ПОДХОД К ПОЛУЧЕНИЮ ПОЛИПРОПИЛЕНОВЫХ НИТЕЙ, НАПОЛНЕННЫХ НАНОРАЗМЕРНЫМИ МЕТАЛЛСОДЕРЖАЩИМИ ЧАСТИЦАМИ**

Н.П. Пророкова<sup>1,2</sup>, С.Ю. Вавилова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт химии растворов им. Г.А. Крестова Российской академии наук

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

[npp@isc-ras.ru](mailto:npp@isc-ras.ru)

В целях разработки методов улучшения прочности, упругости, трибологических показателей и придания повышенной электропроводности, бактериостатичности, грибостойкости полипропиленовым волокнам, предназначенным для формирования композиционных материалов на волокнистой основе, были проведены исследования влияния на структуру и основные характеристики полипропиленовой нити её модифицирования наноразмерными металлсодержащими частицами. Показано, что иммобилизация наноразмерных железо-, марганец-, никель-, кобальтсодержащих частиц в полиэтиленовой матрице в процессе получения создает условия, препятствующие их агрегации, приводит к сохранению стабильности размеров наночастиц. Установлено, что введение в полипропилен на стадии формования нитей обеспечивает высокую равномерность распределения металлсодержащих наночастиц в полипропиленовых нитях.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** ПОЛИПРОПИЛЕН, НИТЬ, ФОРМОВАНИЕ, МАРГАНЕЦ, ЖЕЛЕЗО, НИКЕЛЬ, КОБАЛЬТ, НАНОРАЗМЕРНАЯ ЧАСТИЦА, АГРЕГАЦИЯ, РАВНОМЕРНОСТЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ, КОМПОЗИТ

## **NEW APPROACH TO OBTAINING OF POLYPROPYLENE YARNS FILLED NANOSCALE METAL SPECIES**

Prorokova N.P.<sup>1,2</sup>, Vavilova S.Yu.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>G.A. Krestov Institute of Solution Chemistry of the Russian Academy of Sciences

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

In order to develop methods to improve strength, flexibility, tribological index and to give increased electrical conductivity, bacteriostatic, fungal resistance to polypropylene fibers (intended for forming composites of fibrous based) we investigated the influence of modification of the structure and the main characteristics of

polypropylene yarns by nanoscale metal species. It was shown that immobilization of nanoscale iron-, manganese-, nickel-, cobalt- particles in a polyethylene matrix in continuing the process for their preparation creates conditions that prevent their aggregation and leads to preservation of size stability of nanoparticles. We established that their introduction into the polypropylene yarns during the molding stage provides high uniformity of distribution of metal nanoparticles in the polypropylene yarns.

KEYWORDS: POLYPROPYLENE, YARNS, SPINNING, MANGANESE, IRON, NICKEL, COBALT, NANO-SIZED PARTICLES, AGGREGATION, UNIFORM DISTRIBUTION, COMPOSITE

Большое количество композиционных материалов формируется на волокнистой основе, часто на основе волокон из термопластичных полимеров (полипропилена, полиэтилентерефталата, поликапроамида). Характеристики таких композиционных материалов во многом определяются свойствами входящих в их состав волокон – прочностью, модулем упругости, износостойкостью, коэффициентом трения и т.п. Целью настоящей работы являлась разработка метода модификации полипропиленовых волокон и нитей нанокомпозитами для придания им улучшенных эксплуатационных характеристик и создания на их основе нового поколения полимерных композиционных материалов. Ставилась задача разработать методы улучшения прочности, упругости, трибологических показателей и придания повышенной электропроводности, бактериостатичности, грибостойкости полипропиленовым волокнам, предназначенным для формирования композиционных материалов на волокнистой основе. Для модифицирования полипропиленовых нитей вводили в волокнообразующий полимер на стадии формования волокон малые количества высокодисперсных металлосодержащих композитов, представляющих собой наноразмерные металлосодержащие частицы, заключенные в полиэтиленовую матрицу на стадии их синтеза – так называемые композиционные материалы типа «класпол», получение которых описано в работах [1-3].

Получение модифицированных полипропиленовых комплексных нитей с улучшенными характеристиками осуществляли с использованием уникального комплекса лабораторных стендов, позволяющих имитировать условия производственного процесса формования нитей из расплава и их ориентационного вытягивания [4]. Такой подход позволит избежать проблем при перенесении результатов лабораторных исследований в реальное производство.

Создание нанокомпозитных текстильных нитей на основе термопластичных полимеров, предусматривающее введение наноразмерных наполнителей в полимер в процессе формования нитей, является одним из наиболее перспективных направлений получения волокон и нитей с новыми и улучшенными потребительскими характеристиками. Одной из ключевых задач, решаемых в таких исследованиях, является необходимость обеспечения равномерного распределения наноразмерных наполнителей в нитях. При этом требуется избежать агрегирования наночастиц, в то время как образование их агрегатов обусловлено термодинамически. В настоящей работе предложен оригинальный путь решения такой задачи, заключающийся в использовании наполнителей (металлосодержащих наночастиц), иммобилизованных в полиэтилене высокого давления в процессе их получения. Полиэтилен высокого давления, за счет интенсивного перемешивания в экструдере, равномерно распределяется в полипропилене. Это способствует также равномерности распределения металлосодержащих наночастиц, которые, как известно из литературы, прочно связаны с полимерной матрицей. Включение в структуру полипропилена до 5-7% высокодисперсной фазы полиэтилена высокого давления не оказывает отрицательного влияния на физико-механические свойства полипропиленовой нити. Таким образом, иммобилизация наноразмерных металлосодержащих частиц в процессе их получения в полиэтиленовой матрице создает условия, препятствующие агрегации наночастиц при введении в полипропилен в процессе формования нитей, а также обеспечивает высокую равномерность распределения наполнителей в готовой нити и на её поверхности.

Нами исследованы структура и комплекс свойств полипропиленовых нитей, модифицированных наноразмерными частицами металлов переходного ряда. Установлено, что при введении в расплав полипропилена микроколичеств порошкообразных металлосодержащих частиц наблюдается увеличение относительной разрывной нагрузки комплексной полипропиленовой нити без снижения разрывного удлинения и ухудшения трибологических характеристик нитей. Наиболее значительный рост прочности (в 1,8-2,6 раза) зафиксирован при использовании железо-, марганец- и никельсодержащих композитов. Показано, что в результате модифицирования полипропиленовых нитей микроколичествами наноразмерных металлосодержащих частиц происходит значительное (в  $10^5 - 10^6$  раз) снижение поверхностного электрического сопротивления нитей, в то время как использование промышленных антистатических препаратов обеспечивает уменьшение этого показателя лишь в  $10^4$  раза. Выявлено, что полипропиленовые нити, модифицированные наноразмерными частицами, содержащими металлы переходного ряда, оказывают ингибирующее действие на развитие всех видов болезнетворных микроорганизмов. Наиболее сильно активность *грам*-положительных, *грам*-отрицательных бактерий и патогенных микрогрибов снижается при использовании малых количеств марганец- и железосодержащих нанокompозитных порошков, причем, если антибактериальное воздействие в обоих случаях является одинаково интенсивным, антигрибковый эффект выше у марганецсодержащих нитей.

Таким образом, в работе показано, что использование металлосодержащих наноразмерных частиц в иммобилизованной в полиэтилене форме позволяет обеспечить стабильность их наноразмерного состояния, предотвращает агрегацию частиц, что положительно сказывается на результатах модификации. Полиэтилен высокого давления, являющийся матрицей для металлосодержащих частиц, за счет интенсивного перемешивания в экструдере равномерно распределяется в полипропилене. За счет того, что в композиционных материалах типа «класпол» с матрицей прочно связаны металлосодержащие наночастицы, при перемешивании они, несмотря на очень малое содержание в экструдере, также равномерно распределяются в волокнообразующем полимере. Включение в структуру полипропилена высокодисперсной фазы полиэтилена высокого давления не оказывает отрицательного влияния на физико-механические свойства полипропиленовой нити.

*Работа поддержана РФФИ (грант офи-м № 13-03-12065/13).*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Gubin S.P., Yurkov G.Yu., Kosobudsky I.D. // International Journal of Materials and Product Technology. 2005. V. 23. № 1-2. P. 2 - 25.
2. Gubin S.P., Spichkin Yu.I., Yurkov G.Yu., Tishin A.M. // Russian Journal of Inorganic Chemistry. 2002. V. 47. Suppl. 1. P. 32 - 67.
3. Юрков Г.Ю., Губин С.П., Панкратов Д.А. и др. // Неорганические материалы. 2002. Т. 38. № 2. С. 186 – 195.
4. Вавилова С.Ю., Пророкова Н.Н., Пикалов А.П. // Известия ВУЗов. Технология легкой промышленности. 2011. Т. 12. № 2. С. 17 – 20.

#### REFERENCES

1. Gubin S.P., Yurkov G.Yu., Kosobudsky I.D. // International Journal of Materials and Product Technology. 2005. V. 23. № 1-2. P. 2 - 25.
2. Gubin S.P., Spichkin Yu.I., Yurkov G.Yu., Tishin A.M. // Russian Journal of Inorganic Chemistry. 2002. V. 47. Suppl. 1. P. 32 - 67.
3. Yurkov G.Yu., Gubin S.P., Pankratov D.A. i dr. // Neorganicheskie Materiali. 2002. T. 38. № 2. S. 186 – 195.
4. Vavilova S.Yu., Prorokova N.P., Pikalov A.P. // Izvestia Vuzov. Technologia tekstilnoi promishlennosti. 2011. T. 12. № 2. S. 17 – 20/

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Пророкова Наталия Петровна	Д.т.н., вед.н.сотр. профессор каф. ФИН,	ИХР РАН ИВГПУ	153045, г. Иваново, ул. Академическая, 1
Вавилова Светлана Юрьевна	К.т.н., научн. сотр.	ИХР РАН	153045, г. Иваново, ул. Академическая, 1

УДК 677.4:541.183.2.678

### ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ПОЛИПРОПИЛЕНОВЫХ НИТЕЙ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАНОКОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ ЧАСТИЦ, ИММОБИЛИЗОВАННЫХ В ПОЛИЭТИЛЕНЕ

А.А.Седова<sup>1</sup>, А.В.Умников<sup>1</sup>, Н.П.Пророкова<sup>1,2</sup>, С.Ю. Вавилова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ивановский государственный политехнический университет

<sup>2</sup>Институт химии растворов им. Г.А. Крестова Российской академии наук  
[npp@isc-ras.ru](mailto:npp@isc-ras.ru)

Работа посвящена получению полипропиленовых нитей, модифицированных с использованием нанокomпозитов на основе железосодержащих частиц, иммобилизованных в полиэтилене высокого давления в процессе синтеза. Было показано, что введение наноразмерных железосодержащих частиц в полипропилен на стадии формования нитей обеспечивает высокую равномерность распределения их в полипропиленовых нитях. Было оценено влияние железосодержащих наночастиц на физико-механические свойства полипропиленовой пряжи, её биоцидность и электрические свойства. Была определена относительная разрывная нагрузка модифицированной нити, её удельное поверхностное электрическое сопротивление. Было выявлено, что полипропиленовые нити, модифицированные наноразмерными железосодержащими частицами, оказывают ингибирующее действие на развитие *грам*-положительных, *грам*-отрицательных бактерий и патогенных микрогрибов.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** ПОЛИПРОПИЛЕН, НИТЬ, ФОРМОВАНИЕ, ЖЕЛЕЗО, НАНОРАЗМЕРНАЯ ЧАСТИЦА, КОМПОЗИТ, АНТИМИКРОБНЫЕ СВОЙСТВА

### OBTAINING AND INVESTIGATION OF POLYPROPYLENE YARNS MODIFIED WITH IRON - BASED NANOCOMPOSITES PARTICLES IMMOBILIZED IN POLYETHYLENE

Sedova A.A.<sup>1</sup>, Umnikov A.V.<sup>1</sup>, Prorokova N.P.<sup>1,2</sup>, Vavilova S.Yu.<sup>2</sup>

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

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

We carried out the preparation of polypropylene yarns, the modified using iron - based nanocomposites particulate immobilized in a high-pressure polyethylene in the synthesis process. We established that their introduction into the polypropylene yarns during the spinning stage provides high uniformity of distribution of

iron nanoparticles in the yarns. We evaluated the influence of iron nanoparticles on the physical and mechanical properties of polypropylene yarn, biocidal and their electrical properties. We identified relative tensile load of modified yarns and its surface electrical resistivity. We found that polypropylene yarns modified by nanoscale particles containing iron have a high inhibitory effect on the growth of *Gram* -positive, *Gram*- negative bacteria and pathogenic microfungi.

KEYWORDS: POLYPROPYLENE, YARNS, SPINNING, IRON, NANO-SIZED PARTICLES, COMPOSITE, ANTIMICROBIAL PROPERTIES

В продолжение выполнения исследований по приданию синтетическим нитям улучшенных качественных показателей и новых свойств были получены композиционные полипропиленовые нити, модифицированные наноразмерными частицами, содержащими железо.

Модифицирование полипропиленовых нитей проводили на установке, имитирующей производственный процесс получения полипропиленовых нитей из расплава. Она состоит из двух лабораторных стандов: станда для формования (СФПВ-1) и станда для ориентационного вытягивания (ОСВ-1) синтетических волокон. Схемы стандов и описание технологического процесса представлены в работе [1]. Формовочный стенд СФПВ-1 оснащен автоматизированным пультом управления процессом формования, экструдером, в котором происходит плавление полимера, фильерой с 24 отверстиями ( $\text{Ø}=0,4$  мм) для образования из расплава струй, формовочными дисками, а также приёмным устройством для намотки готовых нитей на бобину. В процессе эксперимента температура зон экструдера составляла: зона преднагрева  $T_1=120$  °С, зона плавления  $T_2=225$  °С, зона стабилизации расплава  $T_3=220$  °С, зона нагрева формовочной головки  $T_4=220$  °С. Работу осуществляли при скорости подачи расплава 20 г/мин. Скорость формовочных дисков составляла 100 м/мин.

После формования нити подвергали ориентационному вытягиванию и термостабилизации с использованием станда ОСВ-1. Процесс осуществляли при температурах в зонах вытягивания:  $T_1=118$  °С (верхний обогреваемый диск),  $T_2=120$  °С (нижний обогреваемый диск),  $T_3=123$  °С (утюг), при скоростях 12-16 м/мин.

Желесодержащие наночастицы получали при термораспаде ацетата Fe(III), организованного таким образом, что каждая отдельная капля раствора соли-прекурсора попадала в расплав полиэтилена высокого давления в минеральном масле, где осуществлялось образование наночастиц и их стабилизация полимером. Подробная методика синтеза описана в работе [2].

Ведение в волокнообразующий полимер композита, содержащего наночастицы марганца, осуществляли на стадии формования. Были получены содержащие наночастицы железа и его оксидов комплексные текстильные нити диаметром 30-40 мкм, состоящие из 24 элементарных нитей плотностью 0.91 г/см<sup>3</sup>.

Размеры металлсодержащих частиц в полиэтиленовой матрице и в полипропиленовой нити определяли с помощью просвечивающей электронной микроскопии на микроскопе JEOL JEM-1011. Для исследования методом ПЭМ изучаемые образцы подвергали ультразвуковой обработке в изопропиловом спирте, а образовавшуюся суспензию наносили на медную сетку, последовательно покрытую формваром и углеродом.

Оценку поверхностного распределения металлсодержащих частиц осуществляли с помощью сканирующего электронного микроскопа JSM 6380LA фирмы JEOL, совмещенного с рентгеноспектральным анализатором JED-2300.

Относительную разрывную нагрузку комплексной полипропиленовой нити определяли с использованием разрывной машины 2099P-5 при скорости растяжения нити 250 мм/мин и рабочей длине образца 100 мм. Линейную плотность нитей рассчитывали по ГОСТ 6611.1-73. Диаметры отдельных филаментов измеряли на приборе Lanotester-2.

Динамическое электрическое сопротивление нитей ( $R$ ) определяли с помощью прибора ИЭСН-1.

Согласно результатам ПЭМ, размер металлсодержащих частиц, иммобилизованных в полиэтилене высокого давления, составляет 2.8 - 3.5 нм. После введения композиционного порошка в полипропилен размер наночастиц не изменился. При этом, как показали исследования, проведенные методом сканирующей электронной микроскопии, железосодержащие наночастицы распределяются в нити равномерно.

Определение прочности модифицированной нити свидетельствует, что относительная разрывная нагрузка модифицированной полипропиленовой нити с введенными в её состав 0,3% железосодержащих наноразмерных частиц возрастает с 42,1 сН/текс до 77,6 сН/текс, т.е. в 1,8 раза. При этом наблюдается изменение поверхностных свойств нитей: несколько снижается их коэффициент трения, в  $10^6$  уменьшается удельное поверхностное электрическое сопротивление нити. Выявлено, что комплексные полипропиленовые нити, модифицированные наноразмерными железосодержащими частицами, оказывают ингибирующее действие на развитие всех видов болезнетворных микроорганизмов. Наиболее сильно железосодержащие нити снижают активность весьма опасного золотистого стафилококка.

Придание полипропиленовым нитям комплекса новых и улучшенных свойств на основе использования иммобилизованных в полиэтилене металлсодержащих частиц позволит создать новые, доступные по цене, композиционные материалы для различных отраслей промышленности, сельского хозяйства и использования в быту.

*Работа поддержана РФФИ (грант офи-м № 13-03-12065/13).*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вавилова С.Ю., Пророкова Н.Н., Пикалов А.П. // Известия ВУЗов. Технология легкой промышленности. 2011. Т. 12. № 2. С. 17 – 20.
2. Юрков Г.Ю., Губин С.П., Панкратов Д.А. и др. // Неорганические материалы. 2002. Т. 38. № 2. С. 186 – 195.

#### REFERENCES

1. Vavilova S.Yu., Prorokova N.P., Pikalov A.P.// Izvestia Vuzov. Technologia tekstilnoi promishlennosti. 2011. T. 12. № 2. S. 17 – 20/
2. Urkov G.Yu., Gubin S.P., Pankratov D.A. i dr. // Neorganicheskie Materiali. 2002. T. 38. № 2. S. 186 – 195.

#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Седова Александра Александровна	Студентка	ИВГПУ	153000, г. Иваново, Шереметевский пр., 21
Умников Алексей Витальевич	Студент	ИВГПУ	153000, г. Иваново, Шереметевский пр., 21
Пророкова Наталия Петровна	Д.т.н., профессор каф. ФИН, вед.н.сотр.	ИВГПУ ИХР РАН	153045, г. Иваново, ул. Академическая, 1
Вавилова Светлана Юрьевна	К.т.н., научн. сотр.	ИХР РАН	153045, г. Иваново, ул. Академическая, 1

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛООВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ  
НАТУРАЛЬНОГО МЕХА В УСЛОВИЯХ ВЕТРОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ  
(Сообщение 1)**

Р. Х.Зарипова

ФГБОУ ВПО «Омский государственный институт сервиса», [zaripova@omgis.ru](mailto:zaripova@omgis.ru)

**Работа относится к области теплопередачи в рыхловолокнистом теплоизоляторе – натуральном мехе. Для оценки влияния ветрового воздействия на теплозащитные свойства натурального меха найдена зависимость снижения скорости ветра в глубине волосяного покрова. Построена аналитическая закономерность, представляющая профиль скорости течения воздуха в волосяном покрове. Скорость течения ветра экспоненциально быстро затухает в глубине волосяного покрова на расстоянии, которое зависит от структурно-геометрических параметров пушно-мехового полуфабриката и является постоянным для конкретного вида меха. Определен уровень, ниже которого теплоотдача ветру уменьшается до постоянного минимального значения независимо от скорости ветра. Таким образом, влияние ветра сводится к простому уменьшению высоты волосяного покрова, эффективной по препятствию теплоотдаче. Найдена зависимость доли высоты волосяного покрова, в пределах которой теплоотдача минимальна.**

**ТЕПЛОВОЙ ПОТОК, ТЕПЛОПЕРЕДАЧА, ВЕТРОВОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ,  
ПУШНО-МЕХОВОЙ ПОЛУФАБРИКАТ, ВОЛОСЯНОЙ ПОКРОВ**

**MATHEMATIC MODELLING OF NATURAL FUR THERMAL STABILITY  
UNDER WIND INFLUENCE**

**(Part 1)**

Zaripova R.

Omsk State Institute of Service, [zaripova@omgis.ru](mailto:zaripova@omgis.ru)

**The research belongs to the field of thermal conductivity in the loose fibred thermal insulator which is natural fur. To evaluate wind influence on thermal stability of natural fur the correlation between wind speed and pelage depth is determined. The analytical algorithm giving an air speed profile in pelage is developed. Wind speed exponentially swells in the pelage at the distance, which depends on structural and geometric parameters of fluff and fur products and is constant for every kind of fur. The level at which heat loss under the wind influence is determined up to minimal stability regardless of wind velocity. Thus the wind influence comes down to simple decrease of pelage depth. The correlation of the depth of pelage within which the heat loss is minimal is found.**

**HEAT LOSS, THERMAL TRANSFER, WIND INFLUENCE, FLUFF AND FUR PRODUCTS, PELAGE**

**Введение.** Одежда из натурального меха особенно актуальна для жителей климатических регионов с низкими температурами и сильным ветровым воздействием. В этом случае для проектирования изделий определение теплозащитных свойств имеет особое значение.

Значительный вклад в исследования теплозащитных свойств натурального меха внесли Булгаков Н. В., Васильев А. В., Вишневский Е. Е., Кузнецов Б. А., Мендельсон Д. А., Новицкий А. В. В дальнейшем эти исследования были продолжены Игнатовым Ю. В., который на основе теории регулярного теплового режима Кондратьева Г. М. исследовал широкий ряд пушно-меховых полуфабрикатов. Имеются данные об экспериментальных

исследованиях зависимости теплозащитных свойств меха и его структурно-геометрических характеристик. Вместе с тем аналитическое описание этих связей отсутствует.

Целью представленного сообщения является определение зависимости теплозащитных свойств волосяного покрова натурального меха от его структурно-геометрических параметров в условиях ветрового воздействия.

**Основная часть.** В пушно-меховом полуфабрикате тепловой поток проходит по нормали через кожную ткань, по остивому и пуховому волосу и в промежутках между ними. Средние поперечные размеры структурных элементов теплоизоляторов входят в расчетные формулы тепловых коэффициентов. Обозначим необходимые для моделирования структурно-геометрические параметры волосяного покрова (ВП) натурального меха:  $h$  – высота ВП, м;  $\Gamma$  – густота ВП, ед/м<sup>2</sup>;  $a$  – поперечный размер (диаметр) волоса, м;  $\alpha$  – коэффициент формы сечения волоса (для круга  $\alpha \approx 1,15$ );  $C$  – безразмерный коэффициент аэродинамического сопротивления, для волоса натурального меха  $C = 0,3 \div 0,5$ .

Введем дополнительные параметры:

✓ извилистость ВП:  $\xi = \frac{l_u}{h}$ , где  $l_u$  – длина волоса истинная, м. При  $\xi > 1$  волосы располагаются в плоском сечении объёма волосяного покрова в  $\xi$  раз чаще.

✓ среднее расстояние между волосами  $b$  (м):  $b = \frac{\beta}{\sqrt{\Gamma}}$ , где  $\beta \approx 1,5$  – коэффициент густоты геометрической сетки расположения волос [1].

Основные допущения, принятые при моделировании: процесс теплопередачи рассматривается в стационарном режиме, температура окружающей среды и скорость ветра постоянны. В [2] показано, что ВП при любом ветре течение внутри ВП можно считать ламинарным, т. к. ВП мехового изделия находится в пределах пограничного слоя течения ветра, поперечное обтекание волос – ламинарное; продольное обтекание волос внутри ВП приближённо ламинарное.

При ветре в наружном слое ВП существует значительный перенос теплоты с массой воздуха. С учётом периметра волос в плоском сечении объёма ВП и закона сохранения импульса скорость течения, вызванная наружным ветром, на глубине  $0 \leq x \leq h$  убывает в  $\kappa$  раз на каждые  $b$  метров глубины (рис. 1), где  $\kappa = \frac{b/\xi}{b/\xi - a \cdot C}$ .

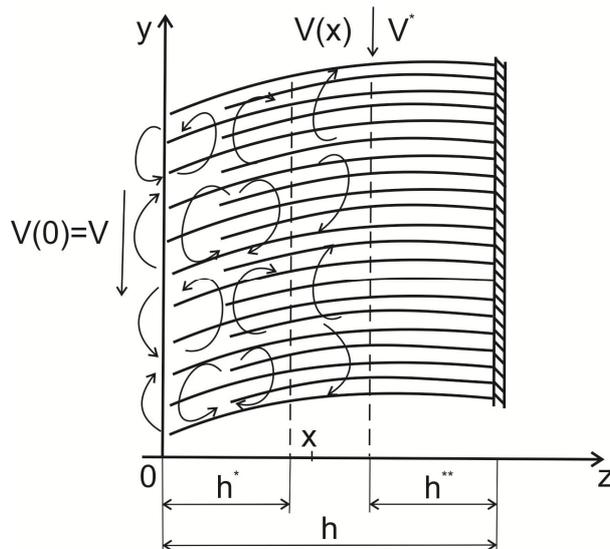


Рис. 1. Распределение скорости ветра в волосяном покрове натурального меха

Составив и решив геометрическую прогрессию  $V(x_i) = \frac{V(x_{i-1})}{k}$ , где  $i = \frac{x}{b}$  с граничным условием  $V(0) = V_0$ , получаем его решение в экспоненциальном виде

$$V(x) = V_0 \cdot \left( \frac{b}{b - a \cdot \xi \cdot C} \right)^{\frac{x}{b}}.$$

После логарифмирования и потенцирования получаем формулу, пригодную для оценки затухающего профиля скоростей:

$$\frac{V(x)}{V_0} = \exp\left(-\frac{x}{h^*}\right),$$

где  $h^* = \frac{\beta^2}{a \tilde{A} \xi C}$  – толщина слоя ВП, продуваемого ветром насквозь, т. е. характерная глубина продувания. Фактически этот слой ВП является «тормозом» для ветра, как теплоизолятор он неэффективен.

Следовательно, чтобы меховое изделие не продувалось ветром до кожаной ткани, высота ВП должна быть больше  $h^*$ . Если в определенной климатической зоне преобладают сильные ветра, то оптимальными являются виды мехового полуфабриката с  $h \gg h^*$ . Характерная глубина продувания зависит от диаметра волоса  $a$ , извилистости  $\xi$ , густоты  $\Gamma$ . Эти величины являются константами в пределах конкретного вида меха. Из этого следует, что  $h^*$  в пределах данного вида меха является величиной постоянной. Остальная толщина слоя ВП является эффективной при защите от скользящего ветра.

Для характеристики тепловой изоляции меха в условиях ветра введена безразмерная величина  $\gamma$  – ветровой коэффициент, равный отношению высоты ВП мехового полуфабриката к характерной глубине продувания

$$\gamma = \frac{h}{h^*} = \frac{h a \tilde{A} \xi \cdot C}{\beta^2}.$$

Чем больше  $\gamma$ , тем меньшая часть ВП служит лишь замедлителем ветра, следовательно, теплоизоляция эффективнее. Таким образом,  $\gamma$  – доля теплоизоляционной части ВП.

Найдём, при каком  $\gamma$  скорость течения  $V$  вблизи основы ВП настолько мала, что лишь несущественно увеличивает теплоотдачу от «стенки» (кожаной ткани и волос) в воздух по сравнению с неподвижным воздухом. При умеренных  $V$  коэффициент в уравнении теплоотдачи по закону Ньютона  $q = \psi \cdot \Delta T$  можно представить линейно  $\psi(V) \approx \psi_0 + \chi \cdot V$ , где  $\psi$  – коэффициент теплоотдачи на границе, Вт/(м<sup>2</sup>·К),  $\psi_0 \approx 5,6$  Вт/(м<sup>2</sup>·К), а  $\chi \approx 4$  Дж/(м<sup>3</sup>·К). Очевидно, что если скорость течения воздуха снизить до величины  $V^* \approx \psi_0/\chi \approx 1,4$  м/с или меньше, то коэффициент теплоотдачи  $\psi \approx (1..2)\psi_0$  будет постоянным и минимальным.

Из условия  $V < V^*$  получаем:

$$\left( \gamma = \frac{h}{h^*} \right) > \left( \gamma^* = \ln \left( \max \left\{ 1; \frac{V_0}{V^*} \right\} \right) \right).$$

Обозначим промежуточный логарифмический коэффициент  $\gamma^*$ :

$$\gamma^* = \ln \left( \frac{V_0}{V^*} \right).$$

Если  $V \leq V^*$ , то  $\gamma^* \leq 0$  и  $\gamma > \gamma^*$ , т. е. при безветрии в пушно-меховом полуфабрикате с любой высотой ВП теплоотдача  $\psi(V) \approx \psi_0$ . При  $\gamma > \gamma^*$  ( $V > V^*$ ,  $h > h^*$ ) в глубине ВП обязательно существует уровень, на котором  $V(x) < V^*$  и теплоотдача незначительна. При  $\gamma < \gamma^*$ , ( $V > V^*$ ,  $h > h^*$  или  $V \gg V^*$ ) теплоотдача возрастает согласно  $\psi(V) \approx \psi_0 + \chi \cdot V$ .

Таким образом, определена часть ВП, которая обеспечивает скорость ветра  $V < V^*$  – эффективная по препятствию теплоотдаче при скользящем ветре:

$$h^{**} = h \cdot \left(1 - \frac{\gamma^*}{\gamma}\right).$$

Общее тепловое сопротивление ВП определяется в основном именно этой «эффективной» частью. Для количественной характеристики доли ВП с незначительной теплоотдачей в различных условиях введен тепловой коэффициент  $\gamma'$ :

$$\gamma' = \max \left\{ 0; 1 - \frac{\ln \left( \max \left\{ 1; \frac{V}{V^*} \right\} \right)}{\gamma} \right\}.$$

Если  $V(x) < V^*$ , то  $\gamma' = 1$ ,  $h^{**} = h$ ; если  $V(x) > V^*$ , то  $\gamma' = 1 - \frac{\gamma^*}{\gamma}$ ; если  $V(x) \gg V^*$ , то  $\gamma' \rightarrow 0$ ,  $h^{**} = 0$ . Величина  $\gamma'$  обусловлена влиянием всех компонентов ВП (ости и пуха).

**Заключение.** Скорость ветрового течения воздуха в толщине ВП натурального меха и аналогичных гетерогенных открытых с одной стороны теплоизоляторах экспоненциально быстро затухает с характерным расстоянием  $h^*$ , которое зависит от основных структурно-геометрических параметров и является постоянным в пределах данного вида теплоизолятора.

Определены слои ВП натурального меха, выполняющие ветротормозящие и теплоизолирующие функции, с учетом структурно-геометрических параметров и скорости ветра в окружающей среде. Найден уровень ВП, ниже которого теплоотдача ветру уменьшается до минимального постоянного значения независимо от скорости ветра. Влияние ветра, таким образом, сводится к простому уменьшению эффективной по препятствию теплоотдаче высоте ВП  $h^{**}$ . Введены коэффициенты, численно характеризующие ветротормозящие и теплоизолирующие уровни ВП, которые упрощают расчеты.

#### Список литературы

1. Сало, Р. Х. Автоматизация проектирования изделий легкой промышленности из натурального меха с учетом теплозащитных свойств : Дис. ... канд. техн. наук : 05.13.12 / Сало Раиса Хантемировна. – Омск, 2006. – 203 с.
2. Сало, Р. Х. Профиль затухания воздушного потока в глубине ориентированного волокнистого теплоизолятора (на примере волосяного покрова натурального меха) / Р. Х. Сало, А. В. Горшков // Известия Челябинского научного центра. – 2007. – №1 (35). – С. 55–60.

#### References

1. Salo, R. H. (2006) Avtomatizaciya proektirovaniya izdeliy legkoy promishlennosti iz naturalnogo meha s uchetom teplozashitnih svoystv : Dis. ... cand. tecn. nauk : 05.13.12 / Salo Raisa Hantemirovna. – Omsk. – 203 s.
2. Salo, R. H. (2007) Profil zatuhaniya vozdušnogo potoka v glubine orientirovannogo voloknistogo teploizolyatora (na primere volosyanogo pokrova naturalnogo meha) / R. H. Salo, A.V. Gorshkov // Izvestiya Chelyabinskogo nauchnogo centra. – №1 (35). – С. 55–60.

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛООВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ  
НАТУРАЛЬНОГО МЕХА В УСЛОВИЯХ ВЕТРОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ  
(Сообщение 2)**

Р.Х.Зарипова

ФГБОУ ВПО «Омский государственный институт сервиса», [zaripova@omgis.ru](mailto:zaripova@omgis.ru)

Работа относится к области теплопередачи в рыхловолокнистом теплоизоляторе – натуральном мехе. Рассматривается тепловое сопротивление высокопористого анизотропного волокнистого теплоизолятора. Выявлено, что главной составляющей теплопередачи в теплоизолирующем слое волосяного покрова натурального меха является свободная конвекция, в ветротормозящем – вынужденная ветром конвекция. Целесообразно описать теплоперенос при конвекции в формальном виде, похожем на уравнение теплопроводности, определить коэффициенты теплопередачи в соответствии со структурными особенностями волосяного покрова. Получены коэффициенты теплопередачи свободной и вынужденной конвекции в волосяном покрове натурального меха. Результаты работы могут быть использованы для проектирования одежды из натурального меха, а также с введением необходимых дополнений – для расчета и проектирования теплозащитной одежды специального и бытового назначения с учетом условий эксплуатации.

**ТЕПЛОПЕРЕДАЧА, ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ, СВОБОДНАЯ КОНВЕКЦИЯ,  
ВЫНУЖДЕННАЯ КОНВЕКЦИЯ, КОЭФФИЦИЕНТ, СТРУКТУРНО-  
ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ**

**MATHEMATIC MODELLING OF NATURAL FUR THERMAL STABILITY UNDER  
WIND INFLUENCE  
(Part 2)**

R. Zaripova

Omsk State Institute of Service, [zaripova@omgis.ru](mailto:zaripova@omgis.ru)

The research belongs to the field of thermal conductivity the loose fibred insulator, which is natural fur. The thermal stability of the highly porous anisotropic fibred insulator is analyzed. It is obvious that the main component of thermal conductivity in a thermo-insulating layer of pelage appears to be open convection and in wind-resistance layer it is the convection caused by wind. It is reasonable to analyze thermal transfer caused by convection using formal mathematic equation similar to the thermal conductivity formula; then to determine the thermal transfer coefficient considering structural features specific to pelage. As a result the open convection coefficient and forced convection coefficient are calculated. The results of the research may be useful for the design of the clothes made of natural fur, and adding necessary parameters - for design of thermal clothing for special professional and every day wear, taking into account various wearing conditions.

**THERMAL TRANFER, THERMAL CONDUCTIVITY. OPEN CONVECTION,  
FORCED CONVECTION, COEFFICIENT, STRUCTURAL AND GEOMETRIC AND  
GEOMETRIC PARAMETERS**

**Введение.** Ранее выявлены слои по высоте волосяного покрова (ВП) натурального меха, выполняющие ветротормозящие и теплоизолирующие функции. Главной составляющей теплопередачи в теплоизолирующем слое ВП является свободная конвекция, в ветротормозящем – вынужденная ветром конвекция [1]. Представляется целесообразным описать теплоперенос при конвекции в формальном виде, определить коэффициенты теплопередачи в соответствии со структурными особенностями волосяного покрова. Обозначения структурно-геометрических параметров ВП натурального меха приняты те же, что в сообщении 1.

**Основная часть.** Теплопередача через натуральный мех – это последовательное соединение поверхностной теплоотдачи от твёрдого тела (кожевой ткани и волосяного покрова) к воздуху, и параллельное соединение теплопроводности неподвижного воздуха; теплопроводности остевых и пуховых волос; теплопереноса конвекцией, вынужденной движениями человека; теплопереноса конвекцией, вынужденной течением ветра в глубине ВП; теплопереноса свободной конвекцией [2]

$$r_{ii} = r_{i\bar{a}\bar{a}} + \frac{1}{\frac{1}{r_{\bar{a}}} + \frac{1}{r_{\bar{a}\bar{e}}} + \frac{1}{r_{\bar{a}\bar{a}}} + \frac{1}{r_{\bar{a}\bar{e}}} + \frac{1}{r_{\bar{n}\bar{e}}}},$$

где  $r_{им}$  – удельное тепловое сопротивление натурального меха, ( $K \cdot м^2 / Вт$ );  $r_{нов}$  – сопротивление теплоотдачи от твердого тела;  $r_{\bar{e}}$  – сопротивление неподвижного воздуха в теплоизолирующем слое;  $r_{вол}$  – сопротивление твердого вещества волоса;  $r_{\bar{e}\bar{e}}$  – сопротивление теплопереноса конвекцией, вынужденной движениями человека;  $r_{вк}$  – сопротивление теплопереноса вынужденной конвекцией;  $r_{ск}$  – сопротивление теплопереноса свободной конвекцией.

Из уравнения Фурье плотность потока тепловой энергии  $q$  при теплопроводности в слое размером  $L$  равна

$$q = \frac{W}{S} = \lambda \frac{\Delta T}{L}. \quad (1)$$

где  $q$  – плотность потока теплоты через однородную стенку,  $Вт/м^2$ ;  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности материала,  $Вт/(м \cdot К)$ ;  $\Delta T$  – разность температур,  $К$ ;  $L$  – характерный размер участка теплопроводности,  $м$ .

При теплоотдаче на границе двух сред (твёрдое тело–воздух)

$$q = \frac{W}{S} = \psi(V) \cdot \Delta T_L,$$

где  $\psi$  – коэффициент теплоотдачи на границе,  $Вт/(м^2 \cdot К)$ .

При умеренных скоростях течения  $V$  коэффициент теплоотдачи на границе «стенка – воздух»  $\psi$  можно представить в виде  $\psi(v) \approx \psi_0 + \chi \cdot V$ , где  $\psi_0$  – коэффициент теплоотдачи неподвижного воздуха,  $\psi_0 \approx 5,6 \text{ Вт}/(м^2 \cdot К)$ ;  $\chi$  – увеличение коэффициента теплоотдачи со скоростью течения воздуха,  $\chi \approx 4,0 \text{ Дж}/(м^3 \cdot К)$ ;  $V$  – скорость потока воздуха,  $м/с$ .

Из закона сохранения энергии с учётом того, что теплообмен приблизительно изобарический ( $P = const$ )

$$\frac{W}{S} = \frac{7}{2} P V_{\bar{o}} \frac{\Delta T_L}{T}, \quad (2)$$

где  $V_m$  – скорость течения воздуха в волосяном покрове,  $м/с$ ;  $\Delta T_L$  – перепад температур на характерном расстоянии,  $К$ .

Коэффициент теплопередачи при переносе теплоты течением воздуха  $\lambda$  является множителем в уравнении (1), с учетом (2) получаем

$$\lambda = \frac{7}{2} P V_{\bar{o}} \frac{L}{T}.$$

Рассмотрим составляющие теплопередачи через натуральный мех.

1. Теплопередача по *неподвижному* воздуху, оставшемуся внутри ВП:

$$r_{\dot{a}} = \frac{h^{**}}{\lambda_{\dot{a}} \cdot (1 - \ddot{I})},$$

где  $\Pi$  – пористость ВП натурального меха;  $h^{**}$  – теплоизолирующая высота ВП, м;  $\lambda_{\dot{a}} \approx 0,02 \text{ Вт/м}\cdot\text{°C}$  – теплопроводность неподвижного воздуха.

2. Коэффициент теплопередачи *вынужденной конвекции при движениях человека*

$$\lambda_{\text{вк}} = \frac{7}{2} P V_{\text{дв}} \frac{L}{T},$$

где  $V_{\text{дв}} = L \cdot \mathcal{C}$  – скорость течения, вызванного движениями человека, м/с;  $\mathcal{C}$  – частота движений человека. Отсюда

$$\lambda_{\dot{a}\dot{a}} \approx \frac{7}{2} P V_{\dot{a}\dot{a}} \frac{h}{T} = \frac{7}{2} P \frac{h^2}{T} \times .$$

3. Тепловое сопротивление канала теплоотдачи при *вынужденной конвекции*. При переменной по глубине  $x$  (от поверхности) скорости вынужденной ветром конвекции  $V(x)$  рассмотрим общую высоту ВП  $h$  как последовательное соединение плоских слоёв с сопротивлениями теплоотдачи (*рис. 1 сообщения 1*) друг другу  $r(x)$ . Зададим стационарную плотность потока теплоты и приравняем сумму всех перепадов теплоты на тонких слоях общему перепаду температуры. Пусть слои бесконечно тонкие, приближённо заменим сумму интегралом:

$$\Delta T = \int_h^0 dT(x) = \frac{W}{S} \int_h^0 dr(x) = -\frac{W}{S} \int_h^0 \frac{dV(x)}{(\psi_0 + \chi \cdot V(x))^2}.$$

Подставим экспоненциальный профиль течения, проинтегрируем, константу найдём из предельного условия, что при  $h = 0$ :

$$r_{\dot{a}\dot{e}} = \frac{\Delta T \cdot S}{W_{\dot{a}\dot{e}}} = \frac{1}{\psi_0 + \chi \cdot V_0}.$$

В итоге

$$r_{\dot{a}\dot{e}} \approx \frac{1}{\psi_0 + \chi V_0 \exp(-h/h^*)} = \frac{1}{\psi_0 \cdot (1 + \frac{V_0}{V^*} \cdot e^{-\gamma})},$$

где  $\gamma$  – доля теплоизоляционной части ВП;  $V^*$  – скорость течения, при которой коэффициент теплоотдачи  $\psi(V)$  постоянный и минимальный, м/с.

4. Коэффициент теплопередачи при *свободной конвекции*. В волосяном покрове натурального меха образуется «трубка течения» с воздушными стенками, частично ограниченными твердыми волосами, поэтому для определения скорости свободной конвекции можно применить формулу Пуазейля–Гагена–Стокса при течении по трубе с несплошными стенками и закон сохранения масс

$$Q = \dot{O} \frac{\pi \Delta P D^4}{128 L \rho \nu} \cdot \frac{B}{A},$$

$$Q = V \cdot S$$

где  $Q$  – объёмный расход жидкости или газа через трубу, м<sup>3</sup>/с;  $\Delta P$  – разность давлений на концах трубы, Па;  $L$  – характерная длина трубы, м;  $D$  – диаметр трубы, м;  $\rho$  – плотность жидкости или газа, кг/м<sup>3</sup>;  $\nu$  – кинематическая вязкость, м<sup>2</sup>/с,  $\Phi$  – фактор формы сечения трубки течения;  $B$  – общий периметр условной трубки течения, м;  $A$  – периметр твёрдой (вязкой) границы условной трубки течения, м.

Напор конвекции в трубке течения, образованной ПВ натурального меха [1]

$$\Delta P_{\dot{n}\dot{e}} = \frac{P \mu g h^{**} \Delta T}{R T^2},$$

где  $P$  – атмосферное давление, Па;  $\mu = 29 \cdot 10^{-3}$  – молярная масса воздуха, кг/моль;  $T$  – средняя температура по ячейке конвекции, К;  $\Delta T$  – разность температур в пределах ячейки конвекции, К;  $R = 8,3$  – универсальная газовая постоянная, Дж/(моль·К).

Отсюда скорость свободной конвекции

$$V = \frac{\pi \dot{O}}{128} \cdot \frac{g \Delta T \cdot \beta^3}{T \nu \cdot \xi^3 (a/\alpha) \tilde{A}^{3/2}}.$$

Коэффициент теплопередачи при свободной конвекции  $\lambda_{ck}$  вдоль волос длиной равной  $h$

$$\lambda_{ce} = \frac{7}{2} P \cdot \frac{\pi \dot{O}}{128} \cdot \frac{g h^{**} \Delta T \cdot \beta^3}{T^2 \nu \cdot \xi^3 (a/\alpha) \tilde{A}^{3/2}}.$$

В итоге тепловое сопротивление ВП натурального меха [2]

$$r_{ii} = \frac{1}{\psi_0 \cdot (1 + \frac{V_0}{V^*})} + \frac{h \cdot \gamma'}{\lambda_{\dot{a}} \cdot (1 - \dot{I}) + \lambda_{\dot{a}\dot{i}\dot{e}} \cdot \frac{\dot{I}}{\sqrt{\xi}} + \lambda_{\dot{n}\dot{e}} + \frac{7}{2} P \frac{h^2}{T} \times + h \psi_0 \cdot (1 + \frac{V_0}{V^*} \cdot e^{-\gamma})},$$

$$\text{где } \lambda_{\dot{n}\dot{e}} \approx \frac{7}{2} P V_{\dot{n}\dot{e}} \frac{h^{**}}{T} = \frac{7}{2} P \cdot \frac{3}{160\pi} \cdot \frac{g h^{**} \Delta T \cdot \beta^3}{T^2 \nu \cdot \xi^3 (a/\alpha) \tilde{A}^{3/2}}.$$

**Заключение.** В рамках данной теоретической модели проведен вычислительный эксперимент. Выявлено, что в низкопористом теплоизоляторе преобладает кондуктивная составляющая теплопередачи, и если пренебречь остальными слагаемыми, то получим

$r \approx \frac{h^{**}}{\lambda_{\dot{a}\dot{i}\dot{e}} \cdot \dot{I}} \sqrt{\xi}$ . Это в  $\sqrt{\xi_{\dot{i}\dot{n}\dot{o}\dot{d}\dot{e}}}$  раз больше, чем тепловое сопротивление сплошного слоя

твёрдого вещества высотой  $h$ . В высокопористом теплоизоляторе кондуктивной составляющей теплопередачи можно пренебречь по сравнению с конвекцией. Тогда тепловое сопротивление волокнистого теплоизолятора увеличивается с увеличением высоты  $h$ , диаметра волоса  $a$ , густоты  $\Gamma$ , извилистостью волокна  $\xi$ . Тепловое сопротивление растёт с увеличением  $h$  до асимптотического предела  $h_{max}$ . При этом, в заданных условиях обязательно существуют такие величины диаметра волоса  $a$ , густоты  $\Gamma$  и извилистости  $\xi$ , при которых тепловое сопротивление является максимальным. Результаты вычислительного эксперимента показывают, что представленная математическая модель может быть использована для расчета теплозащитных характеристик гетерогенных анизотропных теплоизоляторов из материалов различной природы, а также анализа функциональной зависимости теплового сопротивления от структурно-геометрических параметров.

#### Список литературы

1. Сало, Р. Х. Автоматизация проектирования изделий легкой промышленности из натурального меха с учетом теплозащитных свойств : Дис. ... канд. техн. наук : 05.13.12 / Сало Раиса Хантемировна. – Омск, 2006. – 203 с.

2. Сало, Р. Х. Физическая аналитическая модель зависимости теплового сопротивления рыхловолокнистого теплоизолятора от скорости ветра (на примере натурального меха) / Р. Х. Сало, А. В. Горшков // Известия Челябинского научного центра. – 2007. – №1 (35). – С. 60–67.

#### References

1. Salo, R. H. (2006) Avtomatizaciya proektirovaniya izdeliy legkoy promishlennosti iz naturalnogo meha s uchetom teplozashitnih svoystv : Dis. ... cand. tecn. nauk : 05.13.12 / Salo Raisa Hantemirovna. – Omsk. – 203 s.

2. Salo, R. H. (2007) Phizicheskaya analiticheskaya model zavisimosti teplovogo soprotivleniya rihlooloknistogo teploizolyatoraot skorosty vetra (na primere naturalnogo meha) / R. H. Salo, A.V. Gorshkov // Izvestiya Chelyabinskogo nauchnogo centra. – №1 (35). – С. 60–67.

Зарипова Раиса Хантемировна;  
канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры сервиса и технологии швейных изделий;  
ФГБОУ ВПО «Омский государственный институт сервиса»;  
РФ, 644043, г. Омск, ул. Певцова, 13;  
(3812)24-29-60, 8-905-941-60-62;  
[zaripova@omgis.ru](mailto:zaripova@omgis.ru), [irbis90@list.ru](mailto:irbis90@list.ru)

Raisa Zaripova;  
Candidate of Technical Sciences/Docent/Assistant Professor  
Omsk State Institute of Service;  
Russia, 644043, Omsk,  
(3812)24-29-60, 8-905-941-60-62;  
[zaripova@omgis.ru](mailto:zaripova@omgis.ru), [irbis90@list.ru](mailto:irbis90@list.ru)

УДК 677.074.54:658.562.64

## **КОМПЬЮТЕРНАЯ ОЦЕНКА ХАРАКТЕРИСТИК ВОРСИСТОСТИ ТКАНИ COMPUTER ASSESSMENT OF CHARACTERISTICS OF PILE FABRIC**

Смирнова В.С., Павлов С.В.  
SMIRNOVA, V.S., PAVLOV S.V.

**Ивановский государственный политехнический университет  
IVANOV STATE POLYTECHNIC UNIVERSITY  
[mtsm@ivgpu.com](mailto:mtsm@ivgpu.com)**

**Измерения характеристик ворсистости проводятся с помощью фотографирования участка ткани с ворсовой поверхностью. Полученное изображение обрабатывают специальной компьютерной программой, в результате получая действительные значения показателей ворса, которые можно сравнивать с нормативными или запланированными значениями. При этом оператор может точно определить величины характеристик ворса за счет использования увеличенного действительного изображения среза ворсовой ткани, точных границ в изображении ворса, а также расположений отдельных ворсинок. Новизна компьютерной оценки заключается в замене ручных операций измерения автоматизированными, увеличивая при этом точность и оперативность расчетов определения характеристик ворса ткани, что позволяет оценить качество произведенной ткани и правильность протекания процесса получения ворса.**

**Measuring characteristics hairiness be carried out with the help of photography tissue with a pile surface. The resulting image is treated in a special computer program, as the result of receiving valid values of the pile, which can be compared with regulatory or planned**

values. The operator can accurately determine the value characteristics of the NAP through the use of increased valid image cut pile fabrics, the exact boundaries of the image of the NAP, as well as locations of individual bristles. The novelty of the computer evaluation is to replace manual operations measurement automated, increasing the precision and speed of calculations the characterization of the fabric that allows you to evaluate the quality of fabric and the correctness of the process of obtaining pile.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** ТКАНЬ, ВОРСИСТОСТЬ, ДЛИНА ВОРСА, ТОЛЩИНА ВОРСА, ВЫСОТА ВОРСА

**KEYWORDS:** FABRIC, HAIRINESS, PILE LENGTH, THICKNESS OF THE PILE, PILE HEIGHT

На поверхности ткани всегда имеются торчащие кончики одиночных волокон или петли, образованные отдельными волокнами. Их наличие определяется понятием ворсистой или пушистости. Ворс - это короткий пушок на поверхности некоторых тканей. Ворсистость тканых полотен зависит от вида волокон, степени их распрямления, способа прядения и показателя скрученности. Уровень ворсистой зависит также от назначения и способа механической отделки ткани. Оценка характеристик ворсистой важна с позиции оценивания качества ворсовой поверхности ткани. Равномерность ворса во многом определяет внешний вид ткани. Устойчивость ворса оказывает влияние на эксплуатационные свойства ткани. Основные показатели ворса указаны в [1].

Согласно самого простого метода, указанного в [2], для измерения высоты ворса используют прибор типа толщиномера, в котором вместо поддерживающей детали имеется пластина, на которую натягивают пробу. При медленном опускании измерительной детали устанавливают через лупу момент соприкосновения детали с ворсом и по индикатору, связанному с деталью, определяют высоту ворса, включая и толщину пробы. Недостаток метода - его малого количества анализируемых характеристик ворса ткани, а также он неперспективен с точки зрения автоматизации контроля качества ткани. В связи с этим разработка компьютерного анализа ворса ткани является актуальным и перспективным.

В качестве объекта измерения была принята хлопчатобумажная ткань с разрезным ворсом (рисунок 1). Для подготовки лабораторной пробы с четковидимым ворсом ткань разрезали и из полученного среза удаляли краевые надрезанные нити ткани до момента, когда краевая нить не будет цельной по всему срезу ткани.

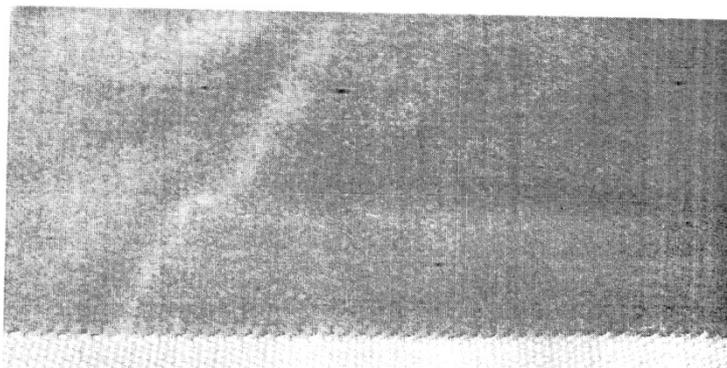


Рисунок 1 – Образец исследуемой ткани

Далее ткань наклеивали на поверхность куба, который помещали под микроскоп с фотонасадкой. При этом на куб накладывалась линейка таким образом, чтобы ее деления были видны одновременно со срезом ткани. Далее производилось фотографирование видимого изображения ворса и линейки (рисунок 2).

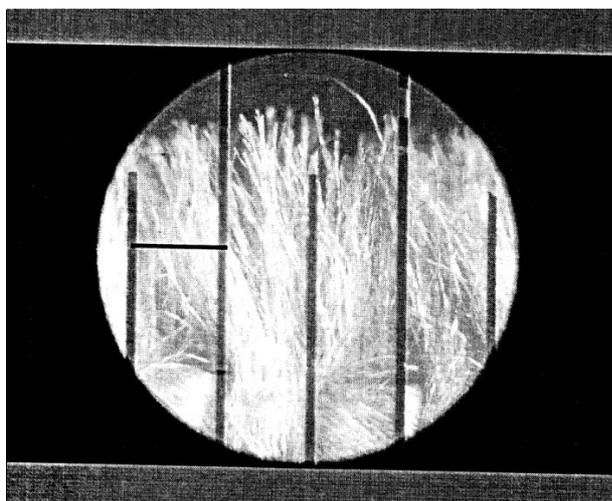


Рисунок 2 – Фотоизображение ворса и делений линейки

Компьютерные измерения позволяют сократить время получения и обработки результатов измерения, а также увеличить точность замеров [3], поэтому на следующем этапе для определения геометрических характеристик ворса задавали примитив (1 мм), который отображали на фотоизображении. После этого ставили необходимые отметки на фотоизображении, в соответствии с расположениями ворсинок в ткани (рисунок 3), получая таким образом характеристики: толщину ворсового покрова  $b_v$ , высоту ворса  $H_v$ , длину ворса  $L_v$  и диаметр ворсинки  $d_v$ .

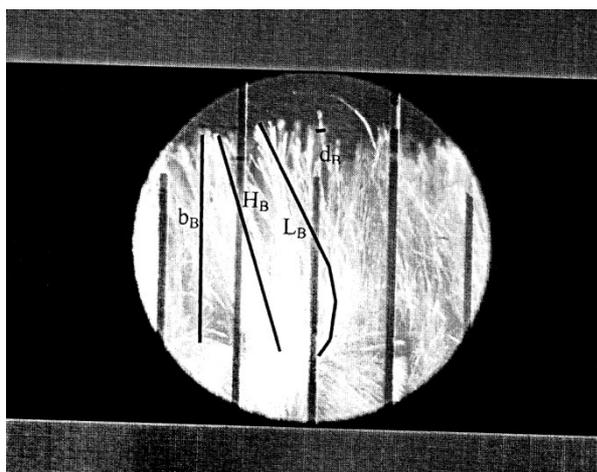


Рисунок 3 – Отмеченные геометрические характеристики ворса

Отмеченные характеристики ворса программа в автоматическом режиме сопоставляла с заданным изображением одного миллиметра, в результате чего оператор получает значение каждого из показателей. Кроме указанных показателей, программа позволяет провести расчет ряда дополнительных показателей, таких как линейная плотность ворсинок  $T_v$  (по расчетной зависимости между диаметром и линейной плотности волокна), коэффициент извитости ворсинок  $\alpha$ .

Таким образом, в результате компьютерного измерения значения характеристик ворса составили: линейная плотность ворсинок  $T_v = 0,174$  текс, толщина ворсового покрова  $b_v = 2,5$  мм, высота ворса  $H_v = 2,2$  мм, длина ворса  $L_v = 2,7$  мм, коэффициент извитости ворсинок  $\alpha = 1,2$ .

Для проверки полученных значений характеристик ворса проводили распечатку фотоизображения и расчет показателей, сопоставляя размеры каждой характеристики с заданной единицей миллиметра. В результате расчетов были получены следующие значения:  $T_v = 0,190$  текс, толщина ворсового покрова  $b_v = 2,5$  мм, высота ворса  $H_v = 2,1$  мм, длина

ворса  $L_b = 2,5$  мм , коэффициент извитости ворсинок  $\alpha = 1,2$ . Сопоставляя полученные значения, получаем, что разница не существенна.

Таким образом, разработана компьютерная методика по оценке характеристик ворса ткани, которая позволяет характеристики ворса измерить прямым способом, заменить часть измерительных ручных операций измерения автоматизированными, увеличивая при этом точность и оперативность расчетов определения характеристик ворса ткани.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кукин, Г. Н., Соловьев, А. Н., Кобляков, А. И. (1992) Текстильное материаловедение (текстильные полотна и изделия). М.: Легпромбытиздат.
2. ГОСТ 16218.3 - 82 Изделия текстильно-галантерейные. Метод определения высоты ворса. Издательство стандартов
3. Гончаренко Ю.А., Павлов С.В. Исследование метода компьютерного распознавания волокнистого состава двухкомпонентной пряжи // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. - 2012, №3., С.25...27.

#### References

1. Kukin, G. N., Soloviev, A. N., Koblyakov, A. I. (1992) Textile materials (textile canvases and articles). M: Legprombytizdat.
2. GOST 16218.3 - 82 Textile and haberdashery. Method for determining the height of the pile. Standards publishing house
3. Goncharenko Y.A, Pavlov S.V. Study of the method of computer recognition of fibrous structure of two-component yarn, Izv. universities. Technology of textile industry. - 2012, no.3, P 25..27.

#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Смирнова Валентина Сергеевна; студентка гр. 5i36; Текстильный институт ИВГПУ, факультет Индустрии моды, кафедра МТСМ.; Россия, 153000, г. Иваново пр. Шереметева, д. 21; 8-905-105-16-16; [s.valentina1991@mail.ru](mailto:s.valentina1991@mail.ru).

Павлов Сергей Владимирович; кандидат технических наук, доцент; Текстильный институт ИВГПУ, факультет Индустрии моды, кафедра МТСМ.; Россия, 153000, г.Иваново пр. Шереметева, д. 21; 8-920-672-09-02; [pavlov\\_sergej12@mail.ru](mailto:pavlov_sergej12@mail.ru)

Smirnova Valentina Sergeevna; student gr. 5i36; Textile Institute IVGU, faculty of fashion industry, department of MTSM.; Russia, 153000, Ivanovo, pr. Sheremetev, D. 21; 8-905-105-16-16; [s.valentina1991@mail.ru](mailto:s.valentina1991@mail.ru).

Pavlov Sergey Vladimirovich; candidate of technical Sciences, docent; Textile Institute IVGU, faculty of fashion industry, department of MTSM.; Russia, 153000, Ivanovo, pr. Sheremetev, D. 21; 8-920-672-09-02; [pavlov\\_sergej12@mail.ru](mailto:pavlov_sergej12@mail.ru)

## СНИЖЕНИЕ ВИБРАЦИИ ОСНОВВЯЗАЛЬНЫХ МАШИН\*

В.В.Капралов, Г.И.Чистобородов

Текстильный институт ИВГПУ Иваново, [kapralow@mail.ru](mailto:kapralow@mail.ru)

В статье изложены основные вопросы, связанные с изменением заправочных данных основвязальных машин для выработки полотен технического назначения, используемых в качестве армирующих материалов для композитов в машиностроении и авиастроении. Рассмотрена проблема снижения вибраций трикотажных машин марок Karl-Mayer (теоретически) и Liba (экспериментально). Основные результаты были получены в рамках гранта DAAD на 2013 год в текстильном институте ITA RWTH г. Аахен, Германия. В ходе исследований установлено следующее: при смене переплетения на основвязальных трикотажных машинах с «открытое или закрытое трико» на «трико 1x1» удалось добиться снижения вибрации оборудования на 14%.

**Ключевые слова:** основвязание, трикотажные петли, вибрация.

## REDUCED OF VIBRATION ON WARP KNITTING MACHINES

Kapralov, V., Chistoborodov, G.

Institute of Textile IVGPU, Ivanovo, [kapralow@mail.ru](mailto:kapralow@mail.ru)

The article outlines the issues related to changes in filling data warp knitting machines to produce fabrics for industrial purposes. The problem of vibration reduction knitting machines Karl-Mayer (theoretically) and Liba (experimentally). All results were obtained within the DAAD grant in 2013 in the Textile Institute ITA RWTH Aachen, Germany. The studies have shown that, in the transition from the "open tricot" to "tricot 1x1" vibration decreased by 14%.

**Keywords:** warp knitting, knitted loop, vibration.

Как известно, при переработке не текстильных нитей на трикотажных машинах возникает ряд трудностей, связанных в основном с их обрывностью и нестабильностью работы оборудования. В производстве вязаных основ для композиционных материалов такая проблема стоит особо актуально [1]. Вопросам переработки не текстильных нитей на основвязальных машинах для выработки полотен технического назначения посвящены многие работы [2,3]. В лабораторных условиях текстильного института ITA RWTH г. Аахен удалось провести ряд исследований по замерам вибраций основвязальной машины марки Liba при выработке армирующих основ для композиционных материалов. Ниже приведены основные заправочные данные машины:

- марка машины: **LIBA MAX 3 CNS/S3 N5**;
- класс машины: E=12;
- число слоев 2 или 4 (с раскладкой  $\pm 45$  град.);
- усилительные нити 600 Текс (стеклонить);
- провязочная (грунтовая нить) 167 Текс, полиэстер;
- число оборотов главного вала машины 41 об/мин.;
- ширина между двумя соседними проколами иглы 2 мм;
- тип переплетения: «открытое трико»; «закрытое трико»; «трико 1x1» (чередование открытых закрытых петель).

Ушковая гребенка при прокладывании нити на иглы совершает сложное движение: между иглами и вдоль игольницы-фонтуры. При выработке «трико 1x1» гребенка совершает более плавное движение и за один раппорт меняет направление сдвига 6 раз, в отличие от выработки «открытого трико» или «закрытого трико» когда направление сдвига меняется 7 раз. Это создает дополнительные благоприятные условия к снижению вибрации оборудования в целом. На рис. 3,4 и 5 представлены диаграммы изменения амплитуды колебания во времени при смене переплетений. Для замеров сдвигов гребенки на машине Liba использовался индуктивный преобразователь. Данное устройство позволяет фиксировать величину вибрации гребенки и направление ее сдвига. Оно преобразует механические перемещения гребенки в электрические импульсы. Фотография монтажа устройства на машине представлена на рис. 4 (1 – индуктивный преобразователь, 2 – привод гребенки). В среде программирования Lab View были получены ниже приведенные диаграммы.

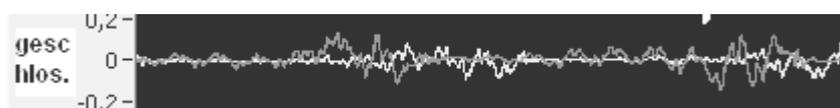


Рис. 1. Закрытое трико



Рис. 2. Открытое трико при

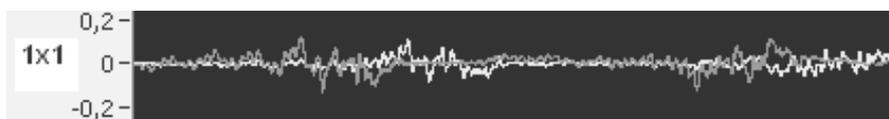


Рис. 3. Трико 1x1

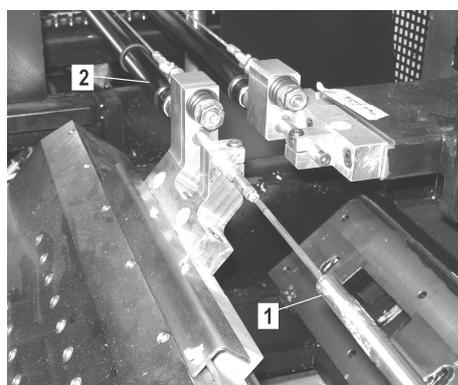


Рис. 4 Индуктивный преобразователь

\* Работа выполнена по заданию Минобрнауки России в рамках базовой части государственной задания ФГБОУ ВПО «ИВГПУ» в сфере научной деятельности (2014/43).

Пример теоретического расчета снижения вибрации гребенки для основвязальной машины **Karl-Mayer RS 2(3) MSUS 18** класса при переработке нитей из полиэстера:

- провязочная (грунтовая нить) 8 Текс, полиэстер;
- основная и уточная нити 110 Текс, полиэстер (с раскладкой 0 град. и 90 град.);
- производительность машины - 120 метров/час = 3,3 см/сек;
- 1 раппорт = 2 петли переплетения «трико»;
- число петель на 1 см длины полотна – 6 петель (3 раппорта);
- число провязываемых петель за 1 сек –  $3,3 \times 6 = 19,8$  петель/сек;
- число раппортов за 1 секунду вязания –  $19,8/2=9,9$  рапп./сек.

При условии, что за цикл образования одного раппорта (2 петли) ушковая гребенка меняет направление сдвига 6 раз для переплетения «трико 1x1» и 7 раз для «закрытого или открытого трико» определяем частоту колебаний гребенки за 1 сек:

- $9,9 \times 7 = 69,3$  Гц (открытое или закрытое трико),
- $9,9 \times 6 = 59,4$  Гц (трико 1x1).

При анализе диаграмм вибраций гребенки было установлено, что при переходе от переплетения «открытое или закрытое трико» к «трико 1x1» удалось добиться снижения вибрации ушковой гребенки в среднем на 14% для машин Karl-Mayer и Liba, что благоприятно скажется на процессе петлеобразования.

#### Список литературы:

##### References:

- [1] Pohlen, V. (2011) Analysis of the warp yarn tension on a warp knitting machine with multiaxial weft insertion on the basis of online tension measurements, Aachen, Technische Univ., Masterarbeit.
- [2] Deak, T and Czigany, T. (2009) Chemical composition and mechanical properties of basalt and glass fibers a comparison// Textile Res J; 79: 645–651.
- [3] Militky, J and Kovacic, V. (1996) Ultimate mechanical properties of basalt filaments// Textile Res J; 66: 225–229.

Сведения об авторах:

1. Капралов Валерий Викторович, к.т.н., доцент кафедры АРЭ, Текстильный институт ИВГПУ, 153000 Иваново, Россия, Шереметевский проспект 21. Тел. 89106672399, [kapralow@mail.ru](mailto:kapralow@mail.ru).
2. Чистобородов Григорий Ильич, д.т.н., проф. Проректор-директор Текстильного института ИВГПУ, 153000 Иваново, Россия, Шереметевский проспект 21. Тел. (4932) 32-85-40, [rektor@ivgpu.com](mailto:rektor@ivgpu.com).

1. Kapralov, Valeriy Ph.D., assistant of professor of the Textile Institute IVGPU, 153000 Ivanovo, Russia, Sheremetievsky Avenue 21. Tel. 89106672399, [kapralow@mail.ru](mailto:kapralow@mail.ru).
2. Chistoborodov, Grigoriy Prof., Vice-Rector Director of the Textile Institute IVGPU, 153000 Ivanovo, Russia, Sheremetievsky Avenue 21. Tel. (4932) 32-85-40, [rektor@ivgpu.com](mailto:rektor@ivgpu.com).

## РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ТЕРМОВЛАЖНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

М.К.Кошелева, С.П. Рудобашта, А.В.Пичугин

ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет дизайна и технологии»,  
г. Москва, [oxtpaxt@yandex.ru](mailto:oxtpaxt@yandex.ru)

ФГБОУ ВПО «Московский государственный агроинженерный университет  
им. В.П. Горячкина», [Rudobashta@yandex.ru](mailto:Rudobashta@yandex.ru)

ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет дизайна и технологии»,  
г. Москва, [k3nzo@yandex.ru](mailto:k3nzo@yandex.ru)

Для интенсификации одного из самых ресурсоёмких термовлажностных процессов отделочного производства - процесса промывки плоских текстильных материалов разного волокнистого состава от различных технологических загрязнений использовалось ультразвуковое воздействие на промывной раствор. Рассмотрен механизм воздействия ультразвуковых колебаний на гетерогенные систему: промывной раствор-текстильный материал, представлены результаты анализа ресурсосберегающих возможностей ультразвукового воздействия, приведены результаты экспериментальных исследований процесса промывки текстильных материалов, рекомендации по использованию ультразвуковой интенсификации. Показано, что ультразвуковое воздействие позволяет интенсифицировать процессы термовлажностной обработки в химической технологии отделки при снижении расхода химических реагентов, затрат электроэнергии и повышении производственной и экологической безопасности.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ТЕРМОВЛАЖНОСТНАЯ ОБРАБОТКА, ПРОМЫВКА, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ, МАССООБМЕН, МАССОПРОВОДНОСТЬ, РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ, ИНТЕНСИФИКАЦИЯ, УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ.

## RESOURCE-CONSERVING TECHNOLOGY FOR PROCESSING OF TEXTILE MATERIALS

Kosheleva M. K., Rudobashta S. P., Pichugin A. V.

FSBEI HPE «Moscow state University of design and technology», Moscow, [oxtpaxt@yandex.ru](mailto:oxtpaxt@yandex.ru)

FSBEI HPE «Moscow State Agroengineering University named after V.P. Goryachkin»,  
[Rudobashta@yandex.ru](mailto:Rudobashta@yandex.ru)

FSBEI HPE «Moscow state University of design and technology», Moscow, [k3nzo@yandex.ru](mailto:k3nzo@yandex.ru)

For intensification of the process flushing planar textile materials of different fiber composition for various technological pollution effects on the ultrasonic washing solution. The action mechanism of ultrasonic vibrations on heterogeneous systems: the washing solution-textile material, the results of the analysis of resource capabilities for ultrasonic influence, the results of experimental researches of the cleaning process of textile materials, the results of benchmark analysis of different intensifying impacts are recommended for practical application ultrasonic intensification. It is shown by the example of the cleaning process that ultrasonic influence allows to intensify processes of termo-moist processing in the chemical technology of finishing at decrease in a consumption of chemical reagents and expenses of a electric power and increase of production and ecological safety.

KEYWORDS: VAPOR PROCESSING, WASHING, TECHNOLOGICAL POLLUTION, MASS TRANSFER, MASS-CONDUCTIVITY, RESOURCE-CONSERVING, INTENSIFICATION, ULTRASONIC INFLUENCE.

Важнейшая составляющая повышения эффективности технологических процессов – это их интенсификация. Для массообменных процессов с участием твердой фазы метод интенсификации должен выбираться в зависимости от характера кинетики массообменного процесса [1,2].

Количественным фактором, который характеризует задачу массообмена при промывке, является критерий Био массообменный –  $Bi_m$ . При  $Bi_m > 50$  имеет место внутренняя задача массообмена, при  $Bi_m < 0,2$  – внешняя задача, а при промежуточном интервале изменения  $Bi_m$  – смешанная задача.

Соотношение указанных сопротивлений определяется величиной числа  $Bi_m = (\beta_c R) / (A_{p,n} \rho_0 k)$ , получаемого из граничного условия задачи массопроводности:

$$-k\rho_0 (\partial C / \partial n) = \beta_c (C_{c,n} - C_c) = (\beta_c / A_{p,n}) (C_{p,n} - C'_p), \quad (1)$$

где  $A_{p,n} = C_{p,n} / C_{c,n}$  – коэффициент распределения для концентрации  $C_{c,n}$ ;  $A_{p,n}$  – коэффициент распределения для концентрации  $C_c$ ;  $C'_p = (A_{p,n} / A_p) C_p$  – модифицированная равновесная концентрация. При  $Bi_m > 50$  имеет место внутренняя задача массообмена, при  $Bi_m < 0,2$  – внешняя задача, а при  $50 < Bi_m < 0,2$  – смешанная задача. Для оценки кинетического режима по числу  $Bi_m$  и расчета внутридиффузионной и смешаннодиффузионной кинетики необходимо знать коэффициент массопроводности  $k$ . Коэффициент массопроводности технологических загрязнений определяли зональным методом [2] по кинетическим кривым промывки, полученным в условиях, исключающих внешнедиффузионное сопротивление.

Кривые кинетики промывки разбивали на ряд концентрационных зон, для каждой из которых рассчитывали значение коэффициента массопроводности  $k_i$  – по уравнению:

$$k_i = (R^2 / \tau_i \mu_i^2) \ln(B_i / \bar{E}_i), \quad (2)$$

где для пластины при  $Bi_m \rightarrow \infty$ :  $\mu_i = \pi/2$  – первый корень характеристического уравнения решения задачи массопроводности;  $B_{i=1} = 0,6917$  и  $B_{i>1} = 1$ . Рассчитанные по кинетическим кривым значения коэффициентов массопроводности различных видов технологических загрязнений при промывке плоских текстильных материалов меняются от  $10^{-9}$  до  $10^{-12}$  м<sup>2</sup>/с [1].

Для смешанной задачи массообмена, как правило, имеющей место при промывке плоских текстильных материалов от технологических загрязнений, особый интерес представляет интенсификация ультразвуковым воздействием. Однако механизм воздействия ультразвуковых колебаний на гетерогенные системы изучен недостаточно, практически нет рекомендаций по промышленному использованию.

Первичными эффектами воздействия ультразвука на технологические процессы принято считать эффекты механической природы, такие как кавитация, переменное звуковое давление, радиационное давление, акустические потоки и др. Первичные эффекты вызывают вторичных эффекты – нагрев, диспергирование, коагуляцию, окисление, ускорение химических реакций и ряд других. Имеет место частотная зависимость эффективности ультразвуковой кавитации, причём более высокие частоты в этом отношении менее благоприятны [3].

Известно, что в массообменных процессах существенное изменение концентрации вещества происходит в диффузионном пограничном слое. Для повышения интенсивности переноса массы в этом слое, а значит и процесса в целом, необходимо уменьшить толщину этого слоя. Этого можно добиться повышением скорости потока газа или жидкости и воздействием ультразвуковых колебаний. Толщина диффузионного пограничного слоя определяется по уравнению:

$$\delta = \sqrt{2\nu/\omega}, \quad (3)$$

где  $\nu$  – коэффициент кинематической вязкости среды;  $\omega$  – частота ультразвуковых колебаний.

Результаты исследования кинетики промывки текстильных материалов при использовании ультразвукового воздействия представлены на рис. 1. Выявлена зависимость степени интенсификации от параметров ультразвукового воздействия – частоты и амплитуды колебаний, удельной мощности, вводимой в систему, поверхностной плотности ткани, модуля промывной ванны, расстояния от источника ультразвука. Использовались разрешённые к промышленному применению частоты [1,3]. Ультразвуковые устройства создавали акустические колебания в диапазоне 22÷35кГц, при этом мощность составляла 70÷120 Вт. Выбор ультразвуковых устройств был обусловлен возможностью их применения на действующем оборудовании [4,5]. При проведении экспериментов и обработке их результатов использовали апробированные на стадии изучения кинетики промывки методики [1,2].

Установлено, что при ультразвуковых воздействиях степень промывки до требуемой по ГОСТ остаточной концентрации загрязнения повышается в среднем на 30-45% в зависимости от вида экстрагируемого технологического загрязнения и вида материала [1].

Обобщение результатов исследования влияния ультразвукового воздействия на эффективность процесса промывки тканей позволяет сделать вывод о снижении общего сопротивления диффузионным процессам, обуславливающим перенос загрязнения из ткани в промывной раствор. В количественном отношении это явление отражается в увеличении коэффициента массопроводности и коэффициента массоотдачи в жидкой фазе.

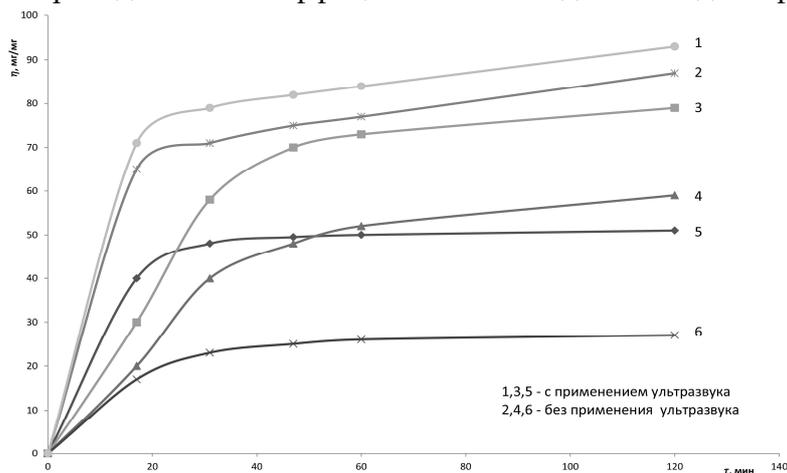


Рис. 1. Кинетика промывки хлопчатобумажной (х/б) ткани после мерсеризации (1, 2) при модуле ванны  $\mu=100$  и расстоянии от источника ультразвука = 5 мм. Кинетика промывки х/б ткани после крашения (3,4) и промывки штапельного полотна после печати (5,6).

Сравнительный анализ показал, что при использовании интенсификатора существенно снижаются затраты на электроэнергию, расход чистой воды, расход моющих средств, фактическая масса сброса сточной воды и её загрязнённость химическими реагентами, концентрация которых в рабочих растворах может быть снижена.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сажин Б.С., Кошелева М.К., Сажина М.Б. Процессы сушки и промывки текстильных материалов // под ред. проф. Б.С. Сажина: Монография.-М.:ФГБОУ ВПО “МГУДТ”, 2013-301с.
2. Рудобашта С.П., Карташов Э.М. Диффузия в химико-технологических процессах. Изд.2-е, перераб. и доп. М.: КолосС. 2010-600 с.

3. Абрамов О.В. и др. Мощный ультразвук в металлургии и машиностроении. Под редакцией О.В. Абрамова и В.М. Приходько. М.: ЯНУС-К, 2006, 688 с.
4. Патент – 2311504 РФ, Способ обработки водного раствора для промывки тканей / Кошелева М.К. и др.; Мос. гос. текстильн. ун–т им. А.Н. Косыгина. – № 2006110599; Заяв. 04.04.06; Оpubл. 27.11.07, Бюл. № 33.
5. Кошелева М.К. и др. Договор № 17926/03 о продаже лицензии на использовании патента РФ № 2100501 «Способ жидкостной обработки шерстяных тканей после крашения», 01.02.2003.

#### REFERENCES:

- 1) Sazhin B.S., Kosheleva M.K., Sazhina M.B. Protsessy sushki i promyvki tekstilnykh materialov [Processes of drying and washing of textile materials]. Moscow, MGUDT, 2013, 301 p.
- 2) Rudobashta S.P., Kartashov E.M. Diffuziia v khimiko-tekhnologicheskikh protsessakh [Diffusion in chemical and technological processes]. Izdanie 2-e. Moscow, KolosS, 2010, 600 p.
- 3) Abramov V.O., Abramov O.V., Artemyev V.V., Gradov O.M., Kolomeets N.P., Prikhodko V.M., Eldarkhanov A.S. Moshchnyi ultrazvuk v metallurgii i mashinostroenii [Strong ultrasound in metallurgy and mechanical engineering]. Moscow, YANUS-K, 2006, 688 p.
- 4) Kosheleva M. K., Shchegolev A. A., Keremetin P. P., Eldandi A. E. Sposob obrabotki vodnogo rastvora dlia promyvki tkanei [Method for treatment of aqueous solution for washing of fabric]. Patent RF, no. 2311504, 2007.
- 5) Kosheleva M.K., Suchkov A.F., Reutskii V.A. Dogovor №17926/03 o prodazhe litsenzii na ispolzovanii patenta RF № 2100501 «Sposob zhidkostnoi obrabotki sherstianyx tkanei posle krasheniia» [The way of liquid processing of woolen fabrics after dyeing]. 01.02.2003.

#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

- 1) Кошелева Мария Константиновна, кандидат технических наук, профессор кафедры «Процессы, аппараты химической технологии и безопасность жизнедеятельности» ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет дизайна и технологии», 119071, Москва, ул. Малая Калужская, д. 1. Моб. тел.: +7 (926) 355-04-48 e-mail: [oxtpaxt@yandex.ru](mailto:oxtpaxt@yandex.ru)
- 2) Рудобашта Станислав Павлович  
Доктор технических наук, профессор кафедры «Теплотехника и энергообеспечение предприятий» ФГБОУ ВПО «Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина» 127550, Москва, ул. Тимирязевская, д. 58, МГАУ, Моб. тел.: 8(905) 590-23-38, e-mail: [rudobashta@mail.ru](mailto:rudobashta@mail.ru)
- 3) Пичугин Анатолий Владимирович, аспирант кафедры «ПАХТ и БЖД», ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет дизайна и технологии», 119071, Москва, ул. Малая Калужская, д. 1., Моб. тел.: +7 (963) 961-97-81, e-mail: [k3nzo@yandex.ru](mailto:k3nzo@yandex.ru)

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

- 1) Kosheleva Maria Konstantinovna, Candidate of Technical Sciences, professor of chair «Processes, devices of chemical technology and health and safety», FSBEI HPE «Moscow State University of Design and Technology», 119071, Moscow, st. Malaya Kalujskaya, 1. Tel.: +7 (926) 355-04-48, e-mail: [oxtpaxt@yandex.ru](mailto:oxtpaxt@yandex.ru)
- 2) Rudobashta Stanislav Pavlovich, Doctor of technical sciences, Professor of chair «Heating engineers and power supply companies», FSBEI HPE «Moscow State Agro University named by V. P. Goryachkin». , 127550, Moscow, st. Timirjzjevskaja, 58, MSAU. Tel.: 8 (905) 590-23-38, e-mail: [rudobashta@mail.ru](mailto:rudobashta@mail.ru)
- 3) Pichugin Anatoly Vladimirovich, graduate student of chair «Processes, devices of chemical technology and health and safety», FSBEI HPE «Moscow State University of Design and Technology», 119071, Moscow, st. Malaya Kalujskaya, 1. Tel.: +7 (963) 961-97-81 e-mail: [k3nzo@yandex.ru](mailto:k3nzo@yandex.ru)

## ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ПОЛИПРОПИЛЕНОВЫХ НИТЕЙ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАНОКОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ МАРГАНЕЦСОДЕРЖАЩИХ ЧАСТИЦ, ИММОБИЛИЗОВАННЫХ В ПОЛИЭТИЛЕНЕ

Е.А.Кожевина<sup>1</sup>, Н.В.Паршинцева<sup>1</sup>, Н.П.Пророкова<sup>1,2</sup>, С.Ю.Вавилова<sup>2</sup>, А.Е.Завадский<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Ивановский государственный политехнический университет

<sup>2</sup>Институт химии растворов им. Г.А. Крестова Российской академии наук

<sup>3</sup>Ивановский государственный химико-технологический университет

[npp@isc-ras.ru](mailto:npp@isc-ras.ru)

Работа посвящена получению полипропиленовых нитей, модифицированных с использованием нанокomпозитов на основе марганецсодержащих частиц, иммобилизованных в полиэтилене высокого давления в процессе синтеза. Было показано, что введение наноразмерных марганецсодержащих частиц в полипропилен на стадии формования нитей обеспечивает высокую равномерность распределения их в полипропиленовых нитях. Было оценено влияние марганецсодержащих наночастиц на физико-механические свойства полипропиленовой пряжи, её бицидность и электрическое сопротивление. Была определена относительная разрывная нагрузка модифицированной нити, её удельное поверхностное электрическое сопротивление. Было выявлено, что полипропиленовые нити, модифицированные наноразмерными марганецсодержащими частицами, оказывают ингибирующее действие на развитие *грам*-положительных, *грам*-отрицательных бактерий и патогенных микрогрибов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ПОЛИПРОПИЛЕН, НИТЬ, ФОРМОВАНИЕ, МАРГАНЕЦ, НАНОРАЗМЕРНАЯ ЧАСТИЦА, КОМПОЗИТ, АНТИМИКРОБНЫЕ СВОЙСТВА

## OBTAINING AND INVESTIGATION OF POLYPROPYLENE YARNS MODIFIED WITH MANGANESE-BASED NANOCOMPOSITES PARTICLES IMMOBILIZED IN POLYETHYLENE

Kozhevina E.A.<sup>1</sup>, Parshintseva N.V.<sup>1</sup>, Prorokova N.P.<sup>1,2</sup>, Vavilova S.Yu.<sup>2</sup>, Zavadskii A.E.<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

<sup>3</sup>Ivanovo State University of Chemistry and Technology

We carried out the preparation of polypropylene yarns, the modified using manganese-based nanocomposites particulate immobilized in a high-pressure polyethylene in the synthesis process. We established that their introduction into the polypropylene yarns during the spinning stage provides high uniformity of distribution of manganese nanoparticles in the yarns. We evaluated the influence of manganese nanoparticles on the physical and mechanical properties of polypropylene yarn, biocidal and their electrical resistance. We identified relative tensile load of modified yarns and its surface electrical resistivity. We found that polypropylene yarns modified by nanoscale particles containing manganese have a high inhibitory effect on the growth of *Gram*-positive, *Gram*-negative bacteria and pathogenic microfungi.

KEYWORDS: POLYPROPYLENE, YARNS, SPINNING, MANGANESE, NANO-SIZED PARTICLES, COMPOSITE, ANTIMICROBIAL PROPERTIES

В процессе выполнения исследований по приданию синтетическим нитям улучшенных качественных показателей и новых свойств были получены композиционные полипропиленовые нити, модифицированные наноразмерными частицами, содержащими марганец.

Модифицирование полипропиленовых нитей проводили на установке, имитирующей производственный процесс получения полипропиленовых нитей из расплава. Она состоит из

двух лабораторных стендов: стенда для формования (СФПВ-1) и стенда для ориентационного вытягивания (ОСВ-1) синтетических волокон. Схемы стендов и описание технологического процесса представлены в работе [1]. Использование такой установки позволит впоследствии избежать проблем с масштабированием процесса: установленные закономерности в полной мере можно будет распространить на процессы, реализуемые в производственных условиях.

Наночастицы оксида марганца получали при термическом разложении диацетата марганца ( $Mn(CH_3COO)_2$ ) при температуре  $250^\circ C$  в присутствии окислителей ( $H_2O_2$  и  $KMnO_4$ ), также в качестве исходного соединения был использован декакарбонил марганца. В качестве растворителя использовали 50% раствор уксусной кислоты. Процесс был организован таким образом, что каждая отдельная капля раствора солей-прекурсоров попадала в расплав полиэтилена высокого давления в минеральном масле, где осуществлялось образование наночастиц и их стабилизация полимером [2].

Ведение в волокнообразующий полимер композита, содержащего наночастицы марганца, осуществляли на стадии формования. Были получены содержащие наночастицы марганца и его оксидов комплексные текстильные нити диаметром 30-40 мкм, состоящие из 24 элементарных нитей плотностью  $0.91 \text{ г/см}^3$ .

Размеры металлсодержащих частиц в полиэтиленовой матрице и в полипропиленовой нити определяли с помощью просвечивающей электронной микроскопии на микроскопе JEOL JEM-1011. Для исследования методом ПЭМ изучаемые образцы подвергали ультразвуковой обработке в изопропиловом спирте, а образовавшуюся суспензию наносили на медную сетку, последовательно покрытую формваром и углеродом.

Оценку поверхностного распределения металлсодержащих частиц осуществляли с помощью сканирующего электронного микроскопа JSM 6380LA фирмы JEOL, совмещенного с рентгеноспектральным анализатором JED-2300.

Относительную разрывную нагрузку комплексной полипропиленовой нити определяли с использованием разрывной машины 2099P-5 при скорости растяжения нити 250 мм/мин и рабочей длине образца 100 мм. Линейную плотность нитей рассчитывали по ГОСТ 6611.1-73. Диаметры отдельных филаментов измеряли на приборе Lanotester-2.

Динамическое электрическое сопротивление нитей ( $R$ ) определяли с помощью прибора ИЭСН-1.

Согласно результатам ПЭМ, размер металлсодержащих частиц, иммобилизованных в полиэтилене высокого давления, составляет  $5.0 \pm 0.9$  нм. После введения композиционного порошка в полипропилен размер наночастиц не изменился. При этом, как показали исследования, проведенные методом сканирующей электронной микроскопии, марганецсодержащие наночастицы распределяются в нити равномерно.

Определение прочности модифицированной нити свидетельствует, что относительная разрывная нагрузка модифицированной полипропиленовой нити с введенными в её состав 0,5% марганецсодержащих наноразмерных частиц возрастает в 2,5 раза. При этом наблюдается изменение поверхностных свойств нитей: несколько снижается их коэффициент трения, в  $10^6$  уменьшается удельное поверхностное электрическое сопротивление нити. Выявлено, что комплексные полипропиленовые нити, модифицированные наноразмерными марганецсодержащими частицами, оказывают ингибирующее действие на развитие всех видов болезнетворных микроорганизмов. Наиболее сильно марганецсодержащие нити снижают активность высокопатогенных стафилококка, а также микрогрибов.

Придание полипропиленовым нитям комплекса новых и улучшенных свойств позволит расширить области их применения и создать на их основе новые композиционные материалы.

*Работа поддержана РФФИ (грант офи-м № 13-03-12065/13).*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вавилова С.Ю., Пророкова Н.Н., Пикалов А.П. // Известия ВУЗов. Технология легкой промышленности. 2011. Т. 12. № 2. С. 17 – 20.
2. Gubin S.P., Spichkin Yu.I., Yurkov G.Yu., Tishin A.M. // Russian Journal of Inorganic Chemistry. 2002. V. 47. Suppl. 1. P. 32 - 67.

#### REFERENCES

1. Vavilova S.Yu., Prorokova N.P., Pikalov A.P.// Izvestia Vuzov. Technologia tekstilnoi promishlennosti. 2011. T. 12. № 2. S. 17 – 20/
2. Gubin S.P., Spichkin Yu.I., Yurkov G.Yu., Tishin A.M. // Russian Journal of Inorganic Chemistry. 2002. V. 47. Suppl. 1. P. 32 - 67.

#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Кожевина Екатерина Анатольевна	Студентка	ИВГПУ	153000, г. Иваново, Шереметевский пр., 21
Паршинцева Надежда Владимировна	Студентка	ИВГПУ	153000, г. Иваново, Шереметевский пр., 21
Пророкова Наталия Петровна	Д.т.н., профессор каф. ФИИ, вед.н.сотр.	ИВГПУ ИХР РАН	153045, г. Иваново, ул. Академическая, 1
Вавилова Светлана Юрьевна	К.т.н., научн. сотр.	ИХР РАН	153045, г. Иваново, ул. Академическая, 1
Завадский Александр Евгеньевич	Д.т.н., с.н.с. вед.н.сотр.	ИГХТУ	153000, г. Иваново, Шереметевский пр., 7

УДК 677.312.3

#### **ВЛИЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНОЙ МОДИФИКАЦИИ МЕРИНОСОВЫХ ВОЛОКОН В ПРОЦЕССЕ ПЕРВИЧНОЙ ОБРАБОТКИ ШЕРСТИ НА СОДЕРЖАНИЕ МАССОВОЙ ДОЛИ ОСТАТОЧНЫХ НЕШЕРСТЯНЫХ КОМПОНЕНТОВ**

Слепнева Е.В., Хамматова В.В.

ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технологический университет»,  
[elenaslep@mail.ru](mailto:elenaslep@mail.ru);

ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технологический университет»,  
[venerabb@mail.ru](mailto:venerabb@mail.ru)

Особое внимание в процессе первичной обработки шерсти уделяется проблеме удаления нешерстяных компонентов (растительных, минеральных примесей и шерстного жира) с наименьшими затратами материальных и трудовых ресурсов. Содержание загрязнений в шерстяном сырье оказывает

существенное влияние на качество, себестоимость и структуру производства первичной обработки шерсти. Одним из перспективных электрофизических методов модификации шерстяного сырья является воздействие плазмой ВЧЕ разряда пониженного давления. В процессе плазменной модификации происходит: во-первых, распыление сорных загрязнений с поверхности волокна, во-вторых, раскрытие чешуек кутикулы волокон. В процессе промывки моющий раствор проникает вглубь волокна и вымывает значительное содержание сорных примесей и шерстного жира, что приводит к снижению содержания массовой доли остаточных нешерстяных компонентов в мериносовой шерсти. Ключевые слова: МЕРИНОСОВАЯ ШЕРСТЬ, ПЛАЗМА ВЫСОКОЧАСТОТНОГО ЕМКОСТНОГО РАЗРЯДА, НЕШЕРСТЯНЫЕ КОМПОНЕНТЫ, МОДИФИКАЦИЯ

## THE IMPACT OF MERINO FIBERS SURFACE MODIFICATION ON THE MASS CONTENT OF RESIDUAL NOT-WOLEN COMPONENTS IN THE WOOL PRIMARY PROCESSING

Slepneva E.V., Khamatova V.V.

Kazan national research technological university, [elenaslep@mail.ru](mailto:elenaslep@mail.ru)

Kazan national research technological university, [venerabb@mail.ru](mailto:venerabb@mail.ru)

In the process of primary wool processing the special attention is paid to the problem of the removal of not-woolen components (vegetable, mineral impurities and natural grease) with the lowest cost of material and labour resources. The content of impurities in raw wool has significant impact on the quality, costs and structure of wool primary processing. One of the promising electrophysical methods of raw wool modifying is low pressure HF discharge plasma exposure. In the process of plasma modification, the following happens: first, the diffusion of impurities from the surface of fibers, secondly, the opening of scales of fiber cuticles. In the washing process, detergent penetrates deep into the fibers and washes away the significant part of impurities what leads to decrease in the mass content of the residual not-woolen components in merino wool.

Keywords: MERINO WOOL, HF DISCHARGE PLASMA, NOT-WOLEN COMPONENTS, MODIFICATION.

Шерстяные волокна является исключительными волокнами по способности удерживать влагу и тепло, высокой прочности, низкой пожароопасности, гигиеничности, высокой эластичности и упругости. Данные свойства выгодно отличают шерсть от растительных, а также от всех синтетических и искусственных волокон. Максимальное сохранение природных свойств шерстяных волокон в процессе их первичной обработки обеспечит выход качественного продукта в дальнейшей переработке шерстяного сырья.

Особое внимание заготовителями шерсти уделяется проблеме удаления нешерстяных компонентов (растительных, минеральных примесей и шерстного жира) с наименьшими затратами материальных и трудовых ресурсов. Содержание загрязнений в шерстяном сырье оказывает существенное влияние на качество, себестоимость и структуру производства первичной обработки шерсти. Главной задачей научно - исследовательской деятельности в области усовершенствования процесса первичной обработки шерсти (ПОШ) является создание многовариантного модульного производства по переработке шерстяного сырья с внедрением инновационных технологических схем. В настоящее время одним из наиболее эффективных и экономичных, а в некоторых случаях и единственно возможным методам модификации шерстяных волокон в процессе их первичной обработки является электрофизический метод – воздействие низкотемпературной плазмы высокочастотного емкостного (ВЧЕ) разряда.

Целью работы является исследование влияния плазмы ВЧЕ разряда пониженного давления в процессе ПОШ на содержание массовой доли нешерстяных компонентов в мериносовой шерсти.

В качестве объекта исследования выбрана шерсть овечья невытая мериносовая I длины. Модификация шерсти перед процессом промывки выполнялась на высокочастотной плазменной установке, созданной в Казанском национальном исследовательском технологическом университете [1, с. 167]. Промывка шерсти проводилась в лабораторных условиях ОАО «Борская фабрика ПОШ» по технологической схеме данного предприятия в

щелочной среде с применением сульфанола. Определение массовой доли остаточных нешерстяных компонентов осуществлялось в соответствии с методикой, предложенной в ГОСТ 29239-91 «Шерсть натуральная мытая. Методы определения массовой доли остаточных нешерстяных компонентов». Результаты полученных экспериментальных данных представлены в таблице.

Таблица – Содержание массовой доли остаточных нешерстяных компонентов в контрольных и опытных образцах мериносовой шерсти (ВЧЕ разряд:  $W_p=1,8$  кВт,  $t=5$  мин,  $G_{Ar}=0,04$  г/с,  $P=26,6$  Па,  $f=13,56$  МГц)

Наименование показателя	Шерсть мериносовая	
	контрольный образец	опытный образец
Содержание массовой доли растительных примесей, %	0,73	0,48
Содержание массовой доли минеральных примесей, %	2,76	1,89
Содержание массовой доли шерстного жира, %	0,56	0,45

В результате модификации шерстяного волокна потоком плазмы ВЧЕ разряда пониженного давления снижается остаточное содержание массовой доли: растительных примесей на 34,2 %; минеральных примесей на 31,5 %; шерстного жира на 25%. Очистка шерстяного сырья от нешерстяных компонентов и шерстного жира при плазменной модификации в среде аргона осуществляется: во-первых, за счет распыления сорных примесей и различных адсорбированных частиц органического и неорганического характера, образовавшихся в результате жизнедеятельности животного вследствие бомбардировки ионами поверхности шерстяных волокон в процессе их модификации потоком плазмы ВЧЕ разряда пониженного давления; во-вторых, в процессе промывки в модифицированных волокнах минимизируются силы сцепления волокна с загрязняющими примесями, имеющими отрицательный электрический заряд, за счет сообщения ВЧ плазмой, отрицательного заряда чешуйкам кутикулы. Из-за взаимного отталкивания друг от друга, одноименно заряженных пластин чешуек кутикулы, происходит их раскрытие, что способствует более легкому удалению сорных примесей, жир легче вымывается, переходя во взвешенное состояние (эмульсию) и удаляется вместе с моющим раствором [2, с.156].

Поверхностные изменения, происходящие в шерстяных волокнах под действием плазмы ВЧЕ разряда пониженного давления исследовали методом растровой электронной микроскопии (рис. 1).

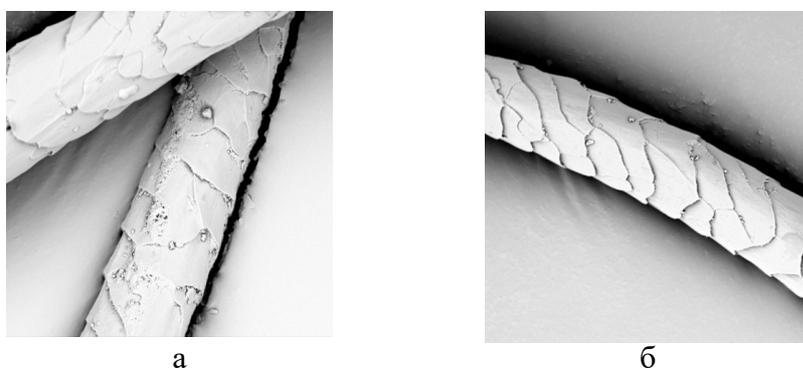
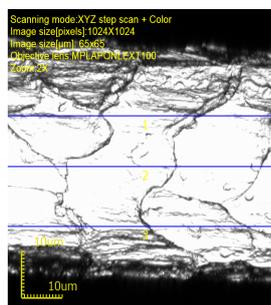


Рисунок 1 – Микрофотографии мериновоого шерстяного волокна до и после плазменной обработки  $\times 2000$ : а) контрольный образец; б) опытный образец ( $W_p=1,8$  кВт,  $G_{Ar}=0,04$ г/с,  $P=26,6$  Па,  $t=5$ мин,  $f=13,56$  МГц)

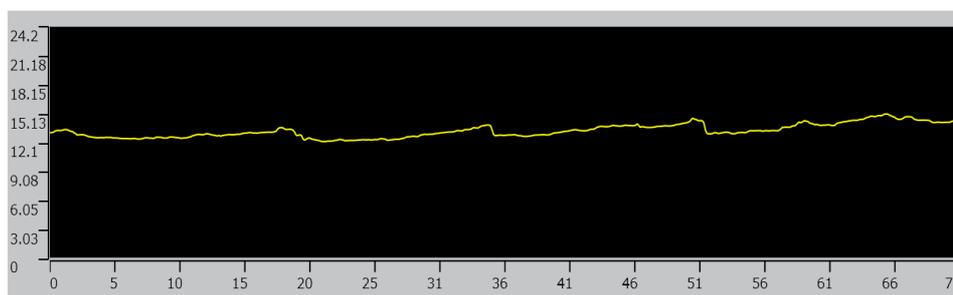
В процессе первичной обработки шерсти в контрольных образцах (рис. 1а) обнаруживается ухудшение качества поверхности: утончается кутикулярный слой волокна, происходит откалывание краев чешуек и нарушается регулярность их расположения. Кроме того, наблюдается значительное сосредоточение загрязнений на поверхности волокна. В результате обработки волокон плазмой ВЧЕ разряда пониженного давления (рис.1б) из-за взаимного отталкивания друг от друга одноименно заряженных пластин чешуек наблюдается их раскрытие с сохранением равномерности, на поверхности волокна загрязнений не наблюдается.

Поверхностные изменения, происходящие в шерсти под действием плазменной обработки подтверждаются исследованиями по изучению рельефа поверхности волокон. Кривая рельефа поверхности строилась по усредненным данным трех измерений. Результаты исследований рельефа поверхности шерстяных волокон методом конфокальной лазерной сканирующей микроскопией (КЛСМ) представлены на рисунке 2.

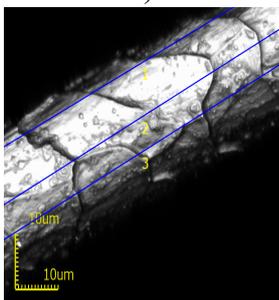
Проанализировав микрофотографии рельефа поверхности шерстяных волокон, установлено, что их обработка плазмой высокочастотного разряда приводит к поверхностным изменениям кутикулярного слоя. В результате модификации волокон в низкотемпературной плазме высокочастотного емкостного разряда (рис.2г) наблюдается увеличение высоты неровностей профиля, которая составляет 0,489 мкм, тогда как данный показатель контрольного образца (рис.2б) равен 0,360 мкм. Увеличение высоты неровности профиля мериносового волокна составляет 38,5%, что свидетельствует о том, что в процессе плазменной обработки ВЧЕ разрядом пониженного давления происходит поверхностная модификация мериносовых волокон.



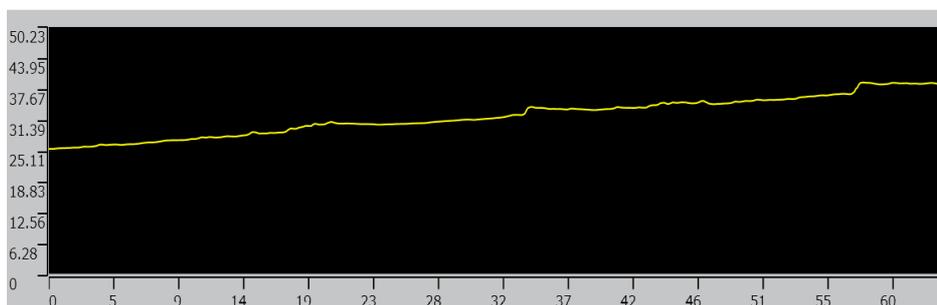
а)



в)



б)



г)

Рис.2. Результаты исследования поверхности мериносового шерстяного волокна до и после плазменной обработки методом КЛСМ  $\times 2000$ : а) микрофотография поверхности контрольного образца; б) усредненный профиль рельефа поверхности контрольного образца; в) микрофотография поверхности опытного образца; г) усредненный профиль рельефа поверхности опытного образца

Таким образом, на основе проведенных исследований установлено, что в процессе плазменной обработки шерстяного сырья плазмой ВЧЕ разряда пониженного давления происходит раскрытие чешуек кутикулы, т.е. осуществляется поверхностная модификация волокон. Моющий раствор легче проникает вглубь волокна и максимально вымывает минеральные, растительные примеси и шерстный жир

#### Список литературы

1. Вознесенский, Э.Ф., Шарифуллин, Ф.С., Абдуллин, И.Ш. (2011) Теоретические основы структурной модификации материалов кожевенно-меховой промышленности в плазме высокочастотного разряда пониженного давления [Текст] // Казань: Изд-во КГТУ, - с. 362.

2. Слепнева, Е.В. Абдуллин, И. Ш., Хамматова, В.В. (2012) Влияние воздействия плазмы на содержание массовой доли минеральных примесей в натуральных полимерах [Текст] // Вестник Казанского технологического университета, – № 6, – С. 155 – 157.

#### References

1. Voznesensky, E.F., Sharifullin, F.S., Abdullin, I.Sh. (2011). Theoretical foundations of structural modification of materials of leather and fur industry in the low pressure HF discharge plasma [Text] // Kazan: KSTU, - p. 362.

2. Slepneva, E.V., Abdullin I.Sh., Khamatova V.V. (2012). The impact of the plasma on the mass content of mineral impurities in natural polymers, // Herald of Kazan technological university, - № 6, - P. 155-157.

#### Сведения об авторах

Слепнева Елена Валерьевна, к.т.н., старший преподаватель кафедры «Дизайн» ФГБОУ ВПО «КНИТУ», Россия, Республика Татарстан, 420015, г. Казань, ул. Университетская, д.6/39, тел.8(843) 231-41-97, 89872130571, e-mail: [elenaslep@mail.ru](mailto:elenaslep@mail.ru)

Хамматова Венера Васильевна, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Дизайн» ФГБОУ ВПО «КНИТУ», Россия, Республика Татарстан, 420015, г. Казань, ул. Университетская, д.6/39, тел.8 (843) 231-41-97, e-mail: [venerabb@mail.ru](mailto:venerabb@mail.ru)

#### Information about authors

Elena V. Slepneva, PhD of Technical Science, senior lecturer department "Design" Kazan national research technological university, Russia, The Republic of Tatarstan, 420015, Kazan, Universitetskaya str. bld 6, phone: 8 (843) 231-41-97, 89872130571, e-mail: [elenaslep@mail.ru](mailto:elenaslep@mail.ru)

Venera V. Khammatova, Doctor of Technical Sciences, professor, department chair "Desing" Kazan national research technological university, Russia, The Republic of Tatarstan, 420015, Kazan, Universitetskaya str. bld 6, phone: 8 (843) 231-41-97, e-mail: [venerabb@mail.ru](mailto:venerabb@mail.ru)

## **СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА СВОЙСТВ НЕТКАНОГО МАТЕРИАЛА, СОДЕРЖАЩЕГО МОДИФИЦИРОВАННОЕ ЛЬНОВОЛОКНО РАЗЛИЧНОГО СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ**

Е.Л. Пашин

Костромской государственной технологической университет  
[evgpashin@yandex.ru](mailto:evgpashin@yandex.ru)

Исследования проведены по актуальному направлению получения модифицированного льноволокна для производства биопластиков в целях создания экологически безопасных и естественно разлагающихся после их эксплуатации материалов.

Предложена новая система механической подготовки и модификации технического льняного волокна, предварительно сформированного в ленты. В основу положен способ скоростного двухстороннего трепания, путем знакопеременного скользящего изгиба волокна, предварительно подвергнутого в ленте циклическим деформациям в поперечном и (или) продольном направлениях. Полученный волокнистый продукт характеризуется повышенной расщепленностью, чистотой и потенциальной способностью к последующему дроблению.

Из волокна с использованием новой системы модификации и с применением кардочесания пильчатыми гарнитурами получены и испытаны образцы нетканого материала. По совокупности результатов испытания установлено преимущество нетканого материала на основе волокон, произведенных по новой системе их механической модификации.

**ЛЕН, ВОЛОКНО, МЕХАНИЧЕСКАЯ МОДИФИКАЦИЯ, НЕТКАНЫЙ МАТЕРИАЛ, БИОПЛАСТИК**

## **COMPARATIVE EVALUATION OF PROPERTIES OF NONWOVEN MATERIAL CONTAINING MODIFIED FLAX FIBER DIFFERENT WAYS OF GETTING**

Pashin Ye.L.

Kostroma state technological University  
[evgpashin@yandex.ru](mailto:evgpashin@yandex.ru)

The study conducted is part of actual mainstream of the modified flax fiber production for the bioplastics synthesis in order to create the materials which are environmentally safe and naturally decomposing after being used.

The new system of the flax fiber mechanical preparation, where the fiber is shaped as a tape, is proposed. It is based on the method of double-side fiber carding. The tape shaped fiber goes through recurrent deformations in the transverse or longitudinal directions. As a result of such impacts there is a flax fiber characterized by increased disintegration, purity and improved capacity for forthcoming fragmentation.

Comparative trial of nonwoven materials originated from two types of flex fiber was performed. One fiber type was produced with new modification system while another fiber type was produced with carding by saw-like device. It is established that there is an advantage of nonwoven material based on the new system of mechanical modification.

**FLAX FIBER, MECHANICAL MODIFICATION, NONWOVEN MATERIAL,  
BIOPLASTIC**

Проводимые в КГТУ исследования по получению модифицированного льноволокна для производства биопластиков, в целях создания экологически безопасных и естественно разлагающихся после эксплуатации материалов, актуальны в современном мире [1].

При реализации этого направления важно получение модифицированных льняных волокон со свойствами, обеспечивающими возможность их применения в качестве армирующей структуры (нетканого материала), размещаемой в биополимерной среде, например в полилактидной кислоте.

На формирование таких свойств оказывают влияние приемы подготовки волокна и способ его механической модификации. Разработки в этом направлении позволили предложить новую систему механической подготовки и модификации льняных технических комплексов, сформированных изначально в виде ленты. В её основу положен способ скоростного двухстороннего трепания, путём знакопеременного скользящего изгиба волокнистых комплексов [2], предварительно подвергнутых циклическим деформациям в поперечном и (или) продольном направлениях [3]. Полученное таким образом модифицированное льноволокно характеризуется повышенной расщепленностью, чистотой и потенциальной способностью к последующему дроблению при формировании полуфабрикатов для создания армирующих структур. Указанные характеристики модифицированного льна могут положительно влиять на свойства готового продукта.

Влияние предлагаемых механических воздействий на льняное волокно изучали в экспериментальных сравнительных испытаниях льносодержащего нетканого материала, полученного в условиях ОАО «Научно-исследовательский институт нетканых материалов» (г. Серпухов). Эксперименты проводили в рамках диссертационного исследования С.Н. Разина [4]. Изучали два вида модифицированного льна. Один вид получен по системе скоростного двухстороннего трепания волокнистых комплексов, предварительно подвергнутых циклическим деформациям в поперечном и продольном направлениях по способу КГТУ (г. Кострома). Другой – по технологии, основанной на использовании гребнечесания с применением пыльчатой гарнитуры (ОАО «ТексИнж», г. Иваново).

Для испытания из каждого вида модифицированного льна было изготовлено две формы нетканого материала, полученные, соответственно, способами гидродинамического и иглопробивного скрепления. Гидродинамическое скрепление осуществляли на установке УСЛ-400, а иглопробивное – на ИС-400. По каждому способу скрепления получили несколько образцов, отличающихся своим составом (рис. 1). Вследствие технологических возможностей, образцы нетканого материала имели незначительные отличия по поверхностной плотности (рис. 2).

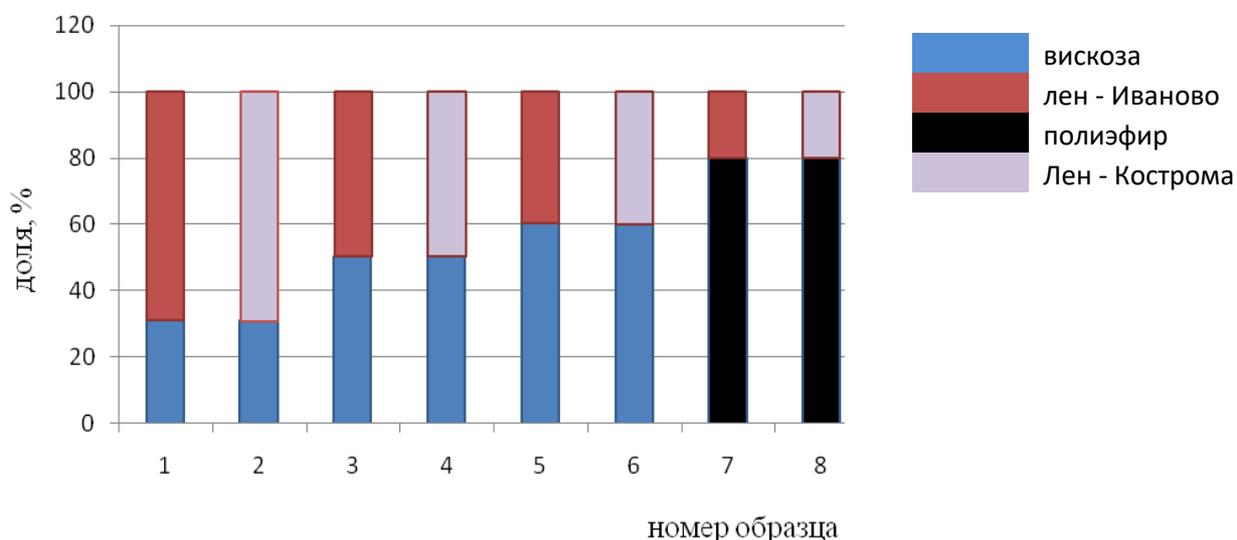


Рис. 1. Волокнистый состав нетканого материала  
здесь и далее: образцы, полученные способом скрепления:  
1...6 – гидродинамическим; 7, 8 – иглопробивным

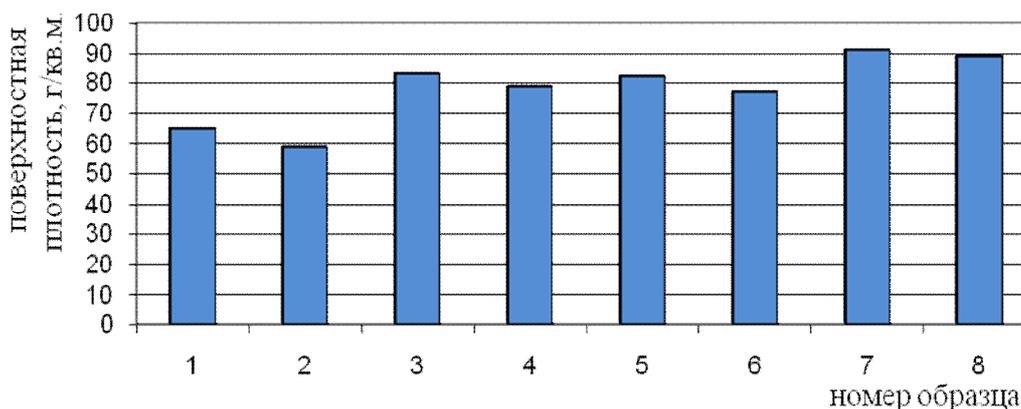


Рис. 2. Характеристика образцов нетканого материала по поверхностной плотности

Механические свойства образцов оценили разрывной нагрузке и удлинению. Среди эксплуатационных свойств, с учетом применения нетканого материала в качестве армирующего элемента при производстве биопластика, особенно важны воздухопроницаемость и смачиваемость. По их величине возможна косвенная оценка проникающей способности полимерного связующего и степени чистоты волокнистых комплексов.

Полученные результаты представлены на рисунках 3–6. Оказалось, что основные механические свойства нетканого материала с использованием модифицированного льняного волокна, полученного по технологии КГТУ, имеют значения, не уступающие, а в большинстве случаев лучшие относительно сравниваемого аналога. Исключением являются прочностные и деформационные свойства полотна, полученного с вложением 40% модифицированного льна. Вероятно по причине меньших фрикционных связей между волокнами вискозы и более чистыми льняными волокнами, что вытекает из рисунка 6.

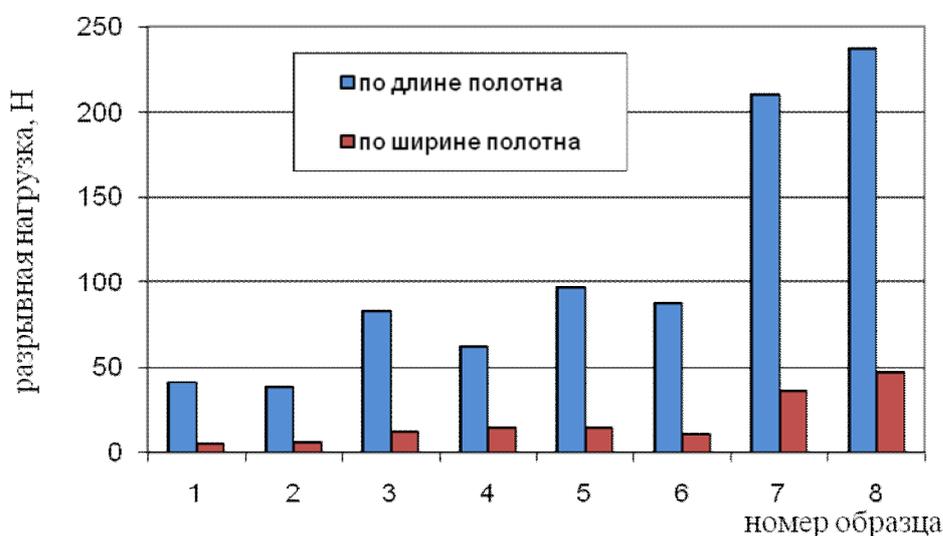


Рис. 3. Характеристика образцов нетканого материала по разрывной нагрузке

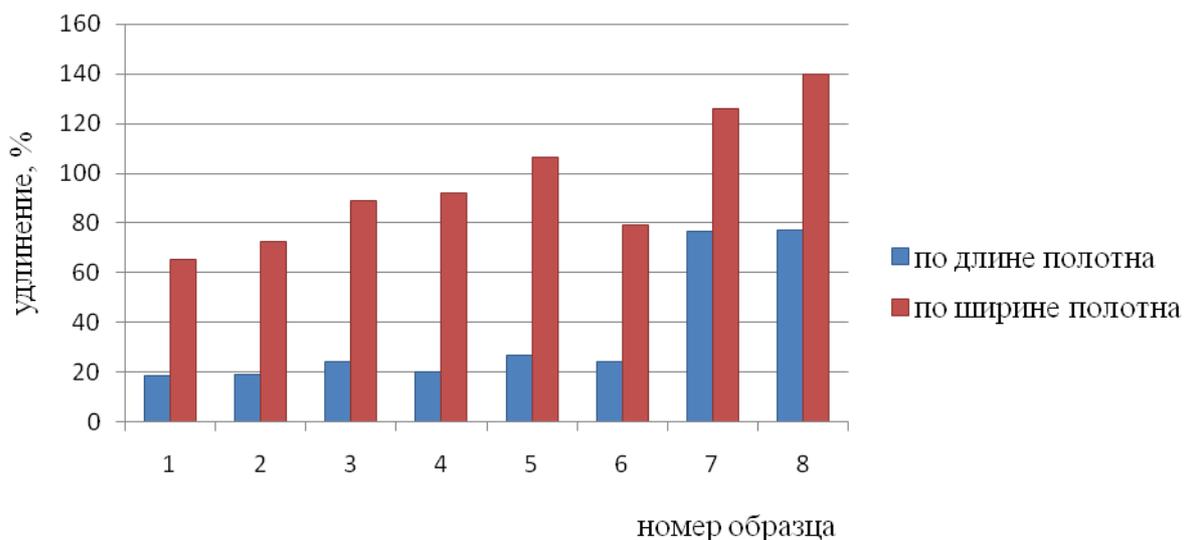


Рис. 4. Характеристика образцов нетканого материала по удлинению

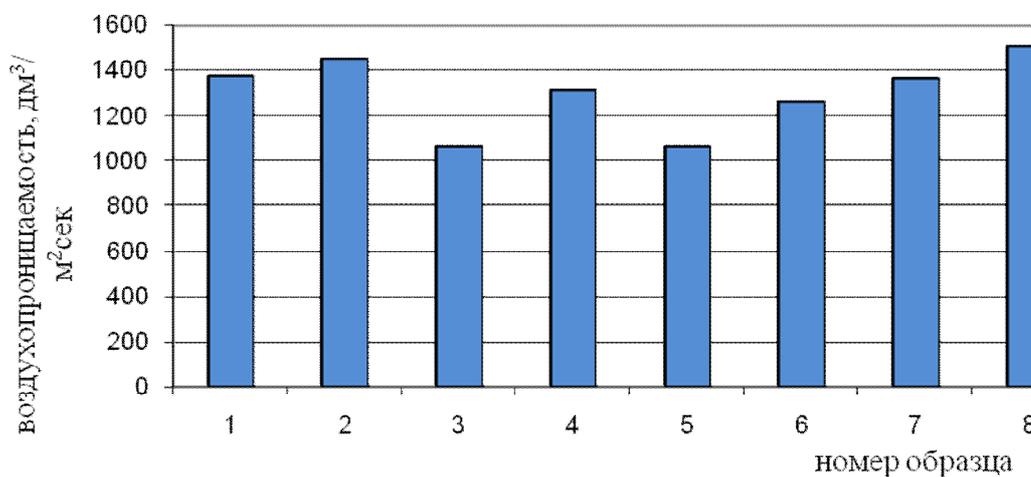


Рис. 5. Характеристика образцов нетканого материала по воздухопроницаемости

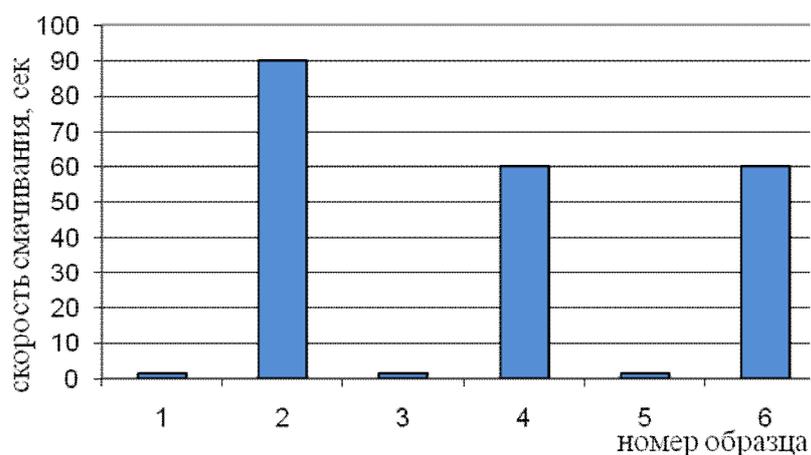


Рис. 6. Характеристика образцов нетканого материала по скорости смачиваемости

Анализ свойств образцов нетканого материала провели по принципу «лучше-хуже» (табл.1).

Таблица 1. Сравнительная оценка свойств нетканого материала

Исследуемое свойство	Номер образца (см. рис.1)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Разрывная нагрузка								
-по длине	+	-	+	-	+	-	-	+
-по ширине	-	+	-	+	+	-	-	+
Удлинение								
-по длине	-	+	+	-	+	-	-	+
- по ширине	-	+	-	+	+	-	-	+
Воздухопроницаемость	-	+	-	+	-	+	-	+
Скорость смачивания	-	+	-	+	-	+		
<b>Итого</b>	<b>1+/5-</b>	<b>5+/1-</b>	<b>2+/4-</b>	<b>4+/2-</b>	<b>4+/2-</b>	<b>2+/4-</b>	<b>0+/5-</b>	<b>5+/0-</b>

Таким образом, технология подготовки технического льноволокна в ленте и его механическая модификация по системе скоростного двухстороннего, путем знакопеременного скользящего изгиба волокнистых комплексов, предварительно подвергнутых циклическим деформациям в поперечном и продольном направлениях (КГТУ, г. Кострома) позволяют получать короткоштапельный лён для производства нетканых материалов с лучшими свойствами, чем по системе сравниваемого аналога.

#### Список литературы

1. Лонг, Ю. (2011) Биоразлагаемые полимерные смеси и композиты из возобновляемых источников. Пер. с англ. под ред. В.Н. Кулезнева. – м.: Изд-во «Научные основы и технологии». – 400 с.
2. Способ механического штапельирования льняных волокон в ленте: патент 2206646 С1. Рос. Федерация. №2002111467/12; заявл. 29.04.2002, опубл. 20.06.2003.
3. Способ механического штапельирования льняных волокон в ленте: патент 2104340 С1. Рос. Федерация. №96105558/12; заявл. 22.03.1996, опубл. 10.02.1998.
4. Разин, С.Н. (2005) Развитие теории и технологии механической модификации короткого льняного волокна: дис. ... докт. техн. наук. – Кострома, КГТУ. – 361 с.

#### References

1. Long, Yu. (2011) *Biorazlagaemye polimernye smesi i kompozity iz vozobnovlyaemykh istochnikov* (Biodegradable polymer blends and composites from renewable sources) (Translation from English under edition V.N. Kulezneva), Moscow, Nauchnye osnovy i tekhnologii, 400 p.
2. Pashin, E.L., Smirnova, T.Yu., Razin, S.N. *Patent RF 2206646*, 20.06.2003.
3. Pashin, E.L. *Patent RF 2104340*, 10.02.1998.
4. Razin, S.N. (2005) *Razvitie teorii i tehnologii mehanicheskoy modifikacii korotkogo l'njanogo volokna* (Development of theory and technology of mechanical modifications short flax fiber): thesis of doctor of technical Sciences. – Kostroma, 361 p.

Пашин Евгений Львович; доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой; Костромской государственный технологический университет; 156019, ул. Индустриальная, дом.32, кВ. 12, г. Кострома, Россия; 84942 317560 (доб. 112); 89159206379; [evgpashin@yandex.ru](mailto:evgpashin@yandex.ru)

Pashin Evgenij L'vovich, doctor of technical Sciences, professor, the head of the Department; Kostroma state technological University; 156019, street Industrial, Dom, kV. 12, , Kostroma, Russia; 84942 317560 (EXT. 112); 89159206379; [evgpashin@yandex.ru](mailto:evgpashin@yandex.ru)  
УДК 677.494.027.622

## **НАПРАВЛЕННОЕ СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕ РАСТВОРОВ ПОЛИМЕРОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СИНТЕТИЧЕСКИХ КОЖ\***

Коваленко Г.М., Бокова Е. С., Лаврентьев А.В.

Московский Государственный Университет дизайна и технологии  
[esbokova@ya.ru](mailto:esbokova@ya.ru), [gregoryi84@mail.ru](mailto:gregoryi84@mail.ru), [anatoliy2209@mail.ru](mailto:anatoliy2209@mail.ru)

**Проведены систематические исследования и научно обоснованы подходы к разработке полиэфируретановых синтетических кож на нетканой основе, полученной методом электрокапиллярного формования. Предложена видоизмененная технология производства СК, позволяющая без дополнительных затрат и увеличения экологических рисков, расширить ассортимент конкурентоспособных синтетических кож с гетеропорозной пористой структурой, кожеподобной органолептикой и высокими показателями эксплуатационных свойств.**

Ключевые слова: СИНТЕТИЧЕСКИЕ КОЖИ, НЕТКАНЫЕ ОСНОВЫ, ФАЗОВОЕ РАЗДЕЛЕНИЕ, РАСТВОРЫ ПОЛИЭФИРУРЕТАНОВ, ЭЛЕКТРОФОРМОВАНИЕ, ПОРИСТАЯ СТРУКТУРА

### **THE DIRECTED FORMATION OF POLYMER SOLUTIONS IN THE PRODUCTION OF SYNTHETIC LEATHER**

Kovalenko G.M., Bokova E. S., Lavrentyev A V.  
Moscow State University of design and technology  
[esbokova@ya.ru](mailto:esbokova@ya.ru), [gregoryi84@mail.ru](mailto:gregoryi84@mail.ru), [anatoliy2209@mail.ru](mailto:anatoliy2209@mail.ru)

**Conducted systematic research and scientifically justified approaches to the development of synthetic leather on non-woven basis, obtained by the method of electrocapillary molding. The proposed modified production technology SC, allowing no additional cost and increase ecological risks, to expand assortment of competitive synthetic leather with heteroporous porous structure, leather imitation organoleptic evaluation and high operational properties**

Key words: ARTIFICIAL LEATHER, NON-WOVEN BASIS, PHASE SEPARATION, SOLUTIONS POLYURETHANES, ELECTROFORMING, THE POROUS STRUCTURE

Технология переработки полимеров через растворы является одним из основных способов получения различных по назначению высокопористых композиционных материалов и покрытий, к которым относятся современные синтетические кожи (СК), представляющие собой многослойные композиционные материалы на нетканых основах, пропитанных полиэфируретановым связующим, астабилизированным в структуре нетканого полотна методом фазового разделения в среде нерастворителя. В качестве сырья для производства основ используют смеси полиэфирных (ПЭТФ) и полипропиленовых (ПП) волокон. Полотна получают, как правило, аэродинамическим способом формирования холста с последующим иглопрокалыванием и термоусадкой. Поверхностная плотность таких материалов составляет порядка 350–600 г/м<sup>2</sup>.

Если на начальных этапах исследований в области создания СК основные работы были связаны с анализом растворов полиэфируретанов (ПЭУ) и изучением особенностей их фазового разделения, то в последнее время наметилась тенденция к разработке новых подходов к созданию и модификации нетканых основ.

Одной из инновационных технологий, которая в большей степени приблизила современные синтетические кожи по структуре и свойствам к натуральной, является технология производства СК методом селективной экстракции. Материалы, полученные этим методом, состоят из микрофибриллярных волокон, которые получают из бикомпонентных волокон (БКВ) "матрица" (как правило, полиэтилен высокого давления

(ПЭВД) – "фибрилла" (полиэфир(ПЭ)) в результате экстрагирования «матрицы» кипящим органическим растворителем (ксилол, толуол и др.) из уже сформированной и обработанной полимерным связующим нетканой основы [1]. Этот, довольно сложный с точки зрения обеспечения экологической безопасности технологический процесс, направлен на уменьшение размерных характеристик волокон в нетканом полотне, изменение структуры волокнистых холстов, увеличение их общей пористости, гетеропорозности, удельной поверхности, паропроницаемости.

В настоящей работе для решения аналогичных задач предложен подход, в основе которого использование для производства СК новых нетканых основ, полученных по технологии электроформования и нового полимерного связующего в рамках традиционной технологии переработки полимеров через растворы методом фазового разделения в среде нерастворителя.

В качестве основных объектов исследования для получения нетканых волокнистых основ использовали растворы полиамида марки ПА 6/66 в спирто (этанол 70%)–водной смеси. В качестве основных пленкообразующих для пропитки – 15% растворы ПЭУ марок Витур ТМ-1413-85 и Витур ТМ-0533-90 (производства НПО "Полимерсинтез", г. Владимир (ТУ-6-55-221-1057-2003), полученные одностадийным синтезом на основе сложного–полиэтиленбутиленгликольадипината (ТМ–1413-85) и простого– политетраметиленгликоля (ТМ-0533-90) эфиров. Среднемассовая молекулярная масса обоих ПЭУ составляла 40 кДа.

Нетканые материалы получали на полупроизводственной установке электрокапиллярного типа (лаборатория «Электроформования волокнистых материалов» НИФХИ им. Л.Я. Карпова).

В результате проведенных исследований выявлена оптимальная концентрация раствора ПА (15%) для электроформования волокон и нетканых основ синтетических кож. Установлены параметры прядильного раствора ( $C=15\%$ ,  $\eta=0,4$  Па·с,  $\gamma=0,11$  См/м) и процесса электроформования (напряжение –30В, объемный расход 30 мл/час, расстояние между электродами 20 см) для реализации устойчивого волокнообразования и получения бездефектных волокон и нетканых материалов.

Проведен сравнительный анализ структурных характеристик полученных нетканых материалов, нетканых полотен из смеси ПЭТФ–ПП (70:30) иглопробивного способа производства, а также основ из БКВ «матрица» (ПЭВД) –«фибрилла»(ПЭ). Показано, что сформированные материалы в 1,5 раза (0,26 до 0,5 мм) тоньше своих прототипов (~3,5 мм), обладают несопоставимо меньшей поверхностной плотностью (~в 25 раз) при не столь очевидной разнице в объемной (~2,2,5 раза). По показателям среднего диаметра и линейной плотности волокон нетканое полотно электрокапиллярного способа получения соответствует нетканому полотну из БКВ после процесса экстрагирования «матрицы» (табл.1).

**Таблица 1. Структурные характеристики и свойства образцов нетканых материалов**

Образец	l, текс	h, мм	$\rho_s$ , г/м <sup>2</sup>	$\rho_v$ , кг/м <sup>3</sup>	D, мкм	Sуд, м <sup>2</sup> /г
Волокнистый материал на основе ПА 6/66	0,12	0,26- 0,5	25,5-30	100-115	0,6	33,2
НВО (ПЭ-ПП) 70:30	0,33	3,5-6	650	185	6-10	0,81
Нетканое полотно из БКВ**	0,44/0,10 после экстрагирования	2,6-3,5	460-490	177-186	6-10/1,5	1,2

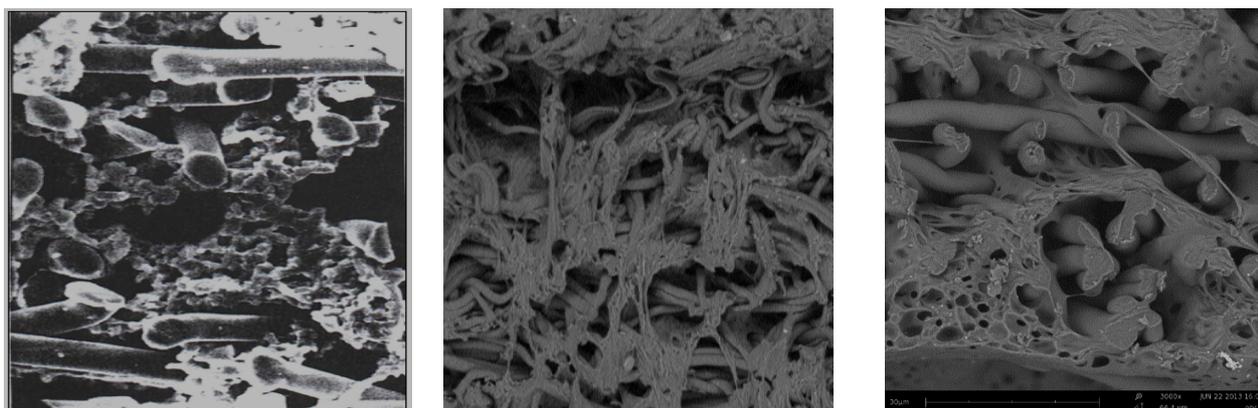
\* l –линейная плотность волокна, h-толщина полотна,  $\rho_s$ - поверхностная плотность полотна,  $\rho_v$ -объемная плотность, D - ср. диаметр волокон, Суд - удельная поверхность по азоту.\*\*Показатели для последнего вида основ заимствованы из литературы [1].

Для пропитки сформированных нетканых основ использовали 15% растворы ПЭУ марок Витур ТМ-85 и ТМ-90, известные как системы для переработки литьевым методом, и

ранее не применяемые в виде растворов. В качестве осадительной ванны для проведения процесса фазового разделения применяли 30% раствор ДМФА в воде, температура осадительной ванны составляла 20°C, время фазового разделения 10-15 мин, температура сушки 100°C.

На рис. 1 представлены микрофотографии полученных материалов по сравнению с промышленным Велюром. Отличительной особенностью разработанных материалов является наличие ярко выраженной волокнисто-пористой структуры сохраняющейся в полиэфируретановой матрице, а также отсутствие практически у всех образцов выраженного поверхностного градиентного слоя. Такие структурные особенности связаны с мгновенной равномерной пропиткой и быстрым объемным фазовым разделением сверхтонких нетканых полотен, состоящих из волокон микроразмерного ряда. Сутильно и визуально определена кожеподобная органолептика полученных материалов и их «равновесность», то есть отсутствие скручиваний и короблений. Последний факт достаточно хорошо коррелирует с усадкой полученных синтетических кож, которая составляет не более 3,5%.

При анализе структурных характеристик разработанных материалов и сравнении их с традиционными, установлен значительный привес полимерного связующего. Выявлено, что пористость и удельная поверхность полученных синтетических кож на порядок выше чем у синтетической кожи марки Велюр. Установлено наличие в разработанных СК пор с диаметром от 0,01 до 1,41 мкм, что является совокупным вкладом в их структуру волокон микроразмерного ряда, пор, сформированных в результате астабилизации растворов ПЭУ, а также дополнительной системы микропор, возникающих за счет отслаивания полимера от волокнистой матрицы в процессе сушки.



а

б

в

Рис. 1. Микрофотографии структуры синтетических кож на основе растворов ПЭУ марки : а - Велюр, (увеличение  $\times 430$ ); б - ТМ-85 (увеличение  $\times 1500$ ); в –ТМ-85 (увеличение  $\times 5000$ ). Состав осадительной ванны - 30% р-р ДМФА в воде ,  $T = 20^\circ\text{C}$ ,  $T_c = 100^\circ\text{C}$

Проведенные в работе исследования и полученные результаты позволили предложить альтернативную технологию производства синтетических кож. Согласно данной технологии в полупроизводственных условиях Лаборатории электроформования НИФХИ им Л.Я. Карпова были получены нетканые материалы, а в ООО ИНТЦ ПОИСК образцы синтетических кож и определены их характеристики (табл.2).

Таблица 2. Сравнительные характеристики показателей свойств синтетических кож

Показатели	Разработанный материал	СК марки Велюр
Толщина, мм	1,5	3,9
Линейная усадка, %	2,3	10,3
Паропроницаемость, мг/(см <sup>2</sup> ·час)	5,8	1,5
Гигроскопичность, %	8,6	0,1
Влагоотдача, %	7,5	0,09
Предел прочности при растяжении, МПа	6,4	7,2
Относительное удлинение при разрыве, %	240	75

Реализация данной технологии позволяет без дополнительных затрат и увеличения экологических рисков расширить ассортимент конкурентоспособных синтетических кож с гетеропорозной пористой структурой и высокими показателями эксплуатационных свойств (ПП=4,4-5,8 мг/(см<sup>2</sup> час), Г=8,6-10%, ВО=98-99%, σ=6-6,4 МПа, ε отн =210-240%).

#### Список литературы.

1.Почивалов, А.В., Мизеровский, Л.К., Козлов, С.Н. (1997) Физико-химические основы процесса формирования фибриллярной структуры синтетической кожи методом селективной экстракции // Текстильная химия. № 2. С. 57 – 61.

#### References.

1.Pochivalov, A.V., Mizerovskiy, L.K., Kozlov, S.N. (1997) Physico-chemical bases of process of formation of fibrillar structures synthetic skin by the method of selective extraction // Textile chemistry. №. 2. P. 57 – 61.

Коваленко Григорий Михайлович, кандидат технических наук, старший преподаватель, Московский государственный университет дизайна и технологии, Садовническая 33, стр. 1. 117997, Москва, Россия, +7(495) 951 08 20, +7 (916) 254 74 28  
[gregoryi84@mail.ru](mailto:gregoryi84@mail.ru)

Бокова Елена Сергеевна, доктор технических наук, профессор, Московский государственный университет дизайна и технологии, Садовническая 33, стр. 1. 117997, Москва, Россия +7(495) 951 08 20, +7 (903) 675 91 71, [esbokova@ya.ru](mailto:esbokova@ya.ru)

Лаврентьев Анатолий Валерьевич, аспирант, Московский государственный университет дизайна и технологии, Садовническая 33, стр. 1. 117997, Москва, Россия, +7(495) 951 08 20, +7 (906) 786 52 61, [anatoliy2209@mail.ru](mailto:anatoliy2209@mail.ru)

Kovalenko Grigory Mikhailovich, Candidate of technical Sciences, senior lecturer, Moscow state University of design and technology, Sadovnicheskaya 33, 117997, Moscow, Russia +7(495) 951 08 20, +7 (916) 254 74 28, [gregoryi84@mail.ru](mailto:gregoryi84@mail.ru)

Bokova Elena Sergeevna, Doctor of technical Sciences, Professor, Moscow state University of design and technology, Sadovnicheskaya 33, 117997, Moscow, Russia, +7(495) 951 08 20, +7 (903) 675 91 71, [esbokova@ya.ru](mailto:esbokova@ya.ru)

Lavrentiev Anatoly Valeryevich, postgraduate student, Moscow state University of design and technology, Sadovnicheskaya 33, 117997, Moscow, Russia, +7(495) 951 08 20, +7 (906) 786 52 61 [anatoliy2209@mail.ru](mailto:anatoliy2209@mail.ru)

\* Работа выполнена при финансовой поддержке со стороны Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках базовой части тематического плана

## **РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ БЛОКИРОВАНИЯ НИТОЧНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В УТЕПЛЕННОЙ ОДЕЖДЕ НА ПЕРО-ПУХОВОМ УТЕПЛИТЕЛЕ**

Дьяконова Е.В., Метелева О.В., Бондаренко Л.И.

Ивановский государственный политехнический университет  
[el\\_dyakonova@mail.ru](mailto:el_dyakonova@mail.ru), [olmet07@yandex.ru](mailto:olmet07@yandex.ru)

Разработана технология блокирования ниточных соединений в утепленных изделиях, основанная на их проклеивании. Технология предполагает применение физико – химических воздействий в результате использования вспомогательного материала в качестве блокиратора отверстий от прокола иглой. Блокирование проколов ниточной строчки шва является результатом заполнения их клеем, находящимся в вязкотекучем состоянии. Полученные непроницаемые для перо – пуховой смеси (ППС) ниточно-клеевые швы обладают миграцией в 6-8 раз ниже, чем исходные ниточные соединения, сохраняя достигнутый эффект и после воздействия механических деформаций и деформаций ухода за изделием. Предложен новый метод исследования миграции ППС в швах различной конфигурации. Представлены результаты экспериментальной оценки показателей сквозной миграции при использовании нового метода и устройства для оценки миграции ППС. В результате применения новой технологии коэффициент сквозной миграции снижается.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** МИГРАЦИЯ, ПЕРО – ПУХОВАЯ СМЕСЬ, КОЭФФИЦИЕНТ СКВОЗНОЙ МИГРАЦИИ, ТЕХНОЛОГИЯ БЛОКИРОВАНИЯ, ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ ПЛЕНОЧНЫЙ МАТЕРИАЛ, АДГЕЗИЯ

## **DEVELOPMENT OF THREAD CONNECTIONS TECHNOLOGY BLOCKING FOR FEATHER-DOWN INSULATED CLOTHING**

Dyakonova E. V., Meteleva O. V., Bondarenko L. I.  
Garments Technology Department of Ivanovo State Polytechnic University,  
[el\\_dyakonova@mail.ru](mailto:el_dyakonova@mail.ru), [olmet07@yandex.ru](mailto:olmet07@yandex.ru)

Thread connections blocking technology for insulated products based on their sizing is designed. The technology involves the use of physical- chemical effects resulting from the use of auxiliary material as a holes backstop from the needle puncture. Blocking of thread stitch seam punctures is a result of filling them with glue, which is in a plastic state. Such thread - glued joints impermeable for feather - down mixture (FDM) have migration 6-8 times lower than the original thread connections, and maintain the achieved effect even after exposure of mechanical deformations and product care strains. A new method of feather - down mixture migration research in the seams of different configurations is proposed. The results of experimental end-to-end migration evaluation using the new method and device properties for estimating FDM migration are given. As a result of the new technology end-to-end migration coefficient is reduced.

**KEYWORDS:** MIGRATION, FEATHER – DOWN MIXTURE, END-TO-END MIGRATION COEFFICIENT, BLOCKING TECHNOLOGY, AUXILIARY FILM MATERIAL, ADHESION

В настоящее время наиболее традиционным вариантом для защиты от холода является пуховая одежда, так как она обладает непревзойденными достоинствами – малый вес; долгий срок службы; высокие теплоизоляционные характеристики; способность сжиматься, а затем восстанавливать объем. Перо - пуховой утеплитель – мягкий, легкий, влагостойкий, так как натуральный пух имеет природную смазку, препятствующую впитыванию влаги. Однако малейшее несоответствие в качестве изделий отражается на потребительских свойствах изделий. Значительно снижает качество этих изделий миграция ППС на лицевую поверхность через элементы ниточного соединения (стежок, строчка, шов) в процессе изготовления (первичная миграция) и эксплуатации изделия (вторичная миграция).

Сложность проведения настоящих исследований состояла в том, что в нормативных документах не предусмотрены управление выбором и корректировка режимов получения качественных соединений «композигов» пуховой одежды с учётом степени миграции

пухового утеплителя в результате перфорации самого «композита». Качество ниточных соединений пуховой одежды в настоящее время оценивают субъективно – лишь визуальными методами. На кафедре ТШИ ТИ ИвГПУ (г. Иваново) разработаны метод (и его реализующий прибор) для оценки миграции ППС [1, 2], который заключается в формировании образцов пакетов узлов швейного изделия и заправке их в зажимы с учетом особенностей испытания (деформаций сжатия – уменьшение объема пакета (У.О.), а, следовательно, и самой перопуховой смеси (ППС); деформация трепания – пространственное перемещение (П.П.) компонентов ППС внутри пакета деталей изделия. На первом этапе испытаний происходит механическое воздействие на пакет изделия одним из перечисленных способом или одновременно. Время воздействия 2 часа 50 минут. На втором этапе – аквастирка (А.С. – осуществлялась в условиях предприятий химической чистки с использованием препаратов фирмы KREUSSLER & Co (Германия) по методике «Ланадол – процесс» при температуре 30 °С, время стирки 1 час 45 минут с последующей сушкой в сушильном барабане при температуре 40-50 °С и времени воздействия 1 час 50 минут), или бытовая стирка (Б.С. – в бытовой стиральной машине в режиме деликатная стирка при температуре 30 °С, время стирки 1 час 30 минут).

Для оценки проникновения ППС на поверхность изделия через ниточные соединения деталей предложен коэффициент сквозной миграции  $K_{см}$ , который определяется после каждого этапа и после совокупного влияния механических воздействий – трепания и сжатия, а также после мокрой обработки (Б.С.) или химической чистки (А.С.), и характеризуется отношением суммарной длины строчки с мигрировавшими ППС через элементы ниточного соединения исследуемого образца к общей длине строчки. Для оценки миграции утеплителя внутри отсека пакета (без потери массы ППС) предложен коэффициент внутренней миграции  $K_{вм}$ , который определяется после влияния механических воздействий – трепания (сжатия), и характеризуется отношением средней толщины пакета детали в нижней части к средней толщине пакета детали в верхней части исследуемого образца. Результаты исследований и расчета коэффициентов сквозной миграции ППС в исследуемом пакете представлены на рисунке 1. Объектом исследований являются пакеты, включающие основной материал JORDAN с поверхностной плотностью 90 г/м<sup>2</sup>, два слоя материала чехла (пуходержащая ткань, артикул - (ЮАР) LCN 0065F01PZ.), ППС (состав 85% пуха и 15% пера). Для образования ниточного соединения использовались швейные нитки: челночная текстурированная нить - Saba, игольная нить –70 лл, игла с заточкой SPI №70, частота сточки (N10) = 3 – 4 ст./ 1см. Разработанный метод позволяет исследовать влияние структурных характеристик материалов пакета швейного изделия и их свойств, параметров швов и режимов образования ниточных соединений, интенсивности эксплуатации одежды на снижение качества изделия, что, в свою очередь, позволяет прогнозировать сохранение его качества на всех стадиях его жизненного цикла. Благодаря предложенному в работе методу были проанализированы и статистически обработаны результаты исследований интенсивности миграции ППС для различные варианты швов и строчек. Погрешность измерений составляла менее 5 %.

Установлено также, что с какой бы точностью не была «настроена» технология на снижение миграции ППС (рациональный подбор швейных игл – номера, тип заточки острия, вид покрытия; швейных ниток – линейная плотность, волокнистый состав, крутка, структурные характеристики; материал верха и качественный состав ППС – различное процентное соотношение пера и пуха в пакете, и др.), избежать ее невозможно, поэтому необходимо искать новые решения по предотвращению миграции в условиях эксплуатации готового изделия (сжатия, трепания, многоцикловых деформаций растяжения и изгиба и т. д.). Целью исследований настоящей работы также являлись проектирование технологии предотвращения проницаемости ниточных соединений для ППС физико-химическим методом и оценка качества получаемых комбинированных соединений.

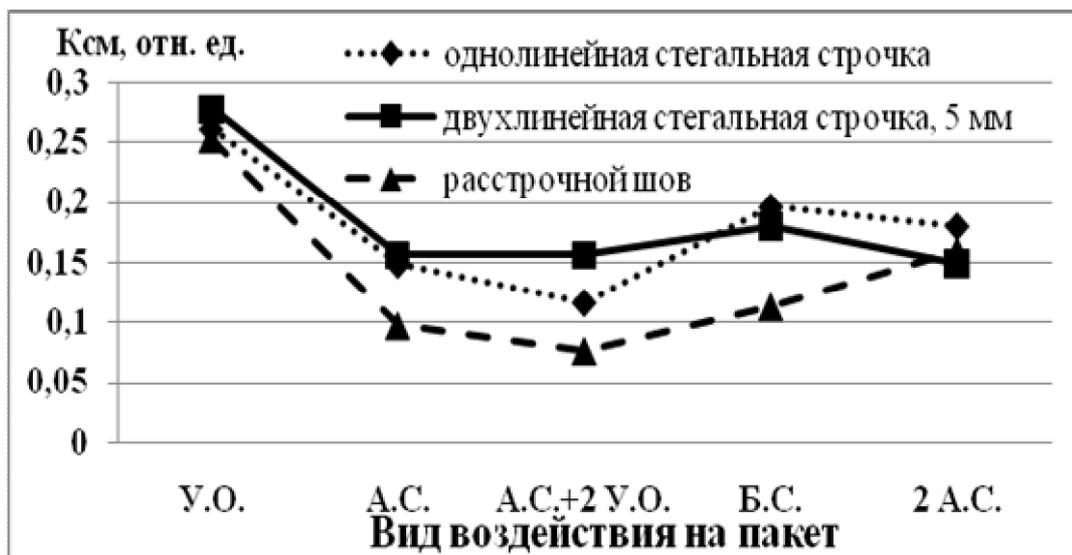


Рисунок 1 – Зависимость коэффициента сквозной миграции ППС в пакете от вида и времени воздействия

Существует множество технологических и технических решений, направленных на повышение непроницаемости швов [3,4]: специальная обработка швейных ниток, подготовка герметизирующих композиций – обработка проколов строчки композицией, изготовление специальных материалов и их приклеивание, герметизация готовых швов детали, узла или изделия и др., однако эти технологии направлены исключительно для предотвращения проникновения через ниточные соединения жидких агрессивных сред. Разработанная технология предусматривает образование непроницаемого для ППС ниточного соединения за счет применения клеевого многослойного пленочного материала специального назначения. Адгезионная способность этого вспомогательного пленочного материала без дополнительного активирования обеспечивается его постоянной остаточной липкостью. Его структура и исходные ингредиентный и количественный состав подобраны в результате продолжительных экспериментальных исследований и обеспечивают необходимый эффект за счет последовательных смачивания, затекания и заполнения отверстия прокола ниточной строчки, устойчивого к различным эксплуатационным воздействиям. Технология нанесения пленочного материала не требует дополнительных воздействий, производится либо вручную, либо с помощью специального устройства, либо на имеющемся оборудовании специального назначения для проклеивания швов. Проанализированы различные условия реализации технологии: различное расположение вспомогательного клеевого материала, вариативность конструкции швов с учетом применения в изделиях на ППС (стачной, настрочной, расстрочной, стегальные строчки). Использованы различные по структурным характеристикам материалы верха, при этом материалы чехла и наполнителя ППС, а также параметры их образования оставались постоянными. Перспективными пленкообразующими композициями являются водные дисперсии акриловых полимеров (акрилатные латексы). Вододисперсные полимеры являются маловязкими, но высоко концентрированными. Разработанные герметизирующие материалы были изготовлены наносным способом на наносно-переносной линии “Spoooner” (Япония) в условиях опытно-экспериментального производства ФГУП «Ивановский научно-исследовательский институт пленочных материалов и искусственных кож». В таблице 1 приведены различные варианты пленочного используемого в работе материала, отличающиеся структурными параметрами, химическим составом и видом наполнителя.

Таблица 1 – Варианты разработанного вспомогательного пленочного материала

Вариант пленки	Состав пленки	Толщина пленки, мкм
0	Современная технология образование стегальной строчки	без пленки
1	бутилакрилат + лакротен	0,08
2	Бутилакрилат Р + бутилакрилат + пластификатор	0,24
3	бутилакрилат 2Э + бутилакрилат	0,10
4	Бутилакрилат Р + бутилакрилат	0,23
5	Бутилакрилат Р + бутилакрилат	0,10
6	бутилакрилат Р + бутилакрилат + бутилакрилат	0,10
7	Бутилакрилат Р + бутилакрилат	0,17

Исследования позволили осуществить выбор рациональной толщины вспомогательного материала, оценку кинетики блокирования проколов от иглы, а также оценку влияния условий физико-химических воздействий на состояние полученных соединений. На рисунке 2 представлены результаты оценки миграции в соответствии с разработанной технологией в период и после проведения 6 аквастирок в условиях предприятия химической чистки одежды.

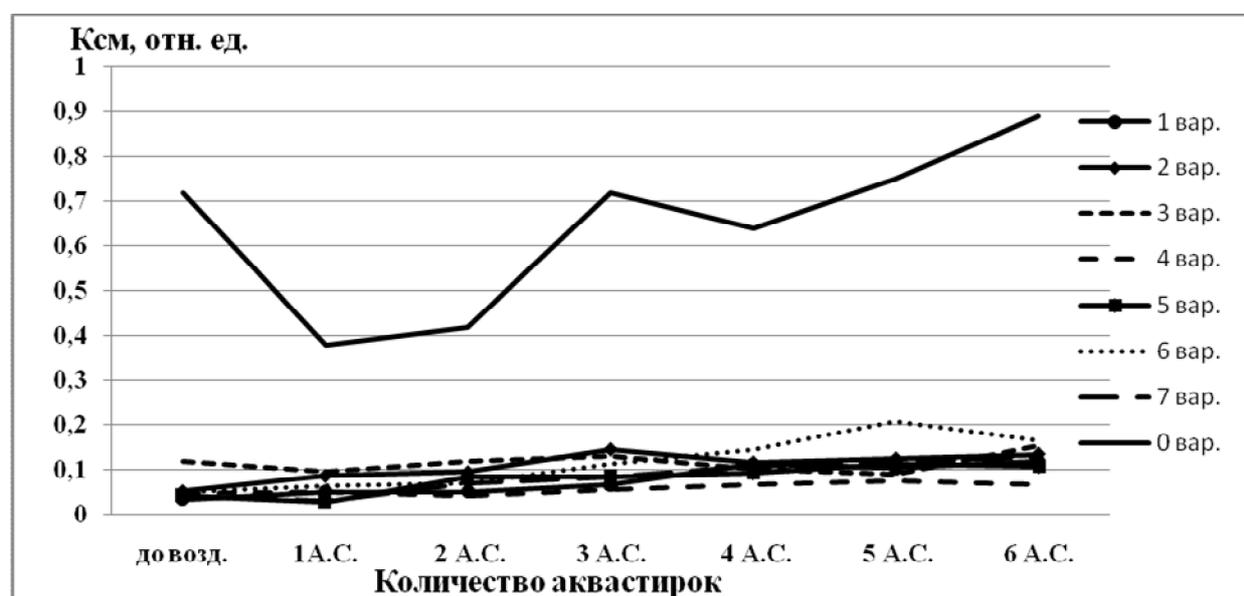


Рисунок 2 - результаты оценки миграции в соответствии с разработанной технологией

Сравнительный анализ полученных результатов позволяет сделать вывод о том, что уровень значений коэффициента сквозной миграции необработанных соединений значительно (практически в 6-8 раз) превышает значение сквозной миграции соединений с использованием вспомогательного пленочного материала. Достигнутый эффект является очень устойчивым к воздействию эксплуатационных факторов ухода за изделием и механическим деформациям. Установлено, что наилучшими результатами обладает 4 вариант пленки толщиной 0,23 мкм. Он обеспечивает оптимальные условия образования ниточно-клевого соединения – не затрудняет процесс стежкообразования, исключает миграцию ППС в процессе стачивания, обеспечивает высокую адгезию к материалам изделия, превышающую когезионную прочность вспомогательного материала.

Разработанная технология получения непроницаемых для ППС ниточно-клеевых соединений не влияет на внешний вид швейных изделий на перопуховом утеплителе, не требует для реализации дорогостоящего оборудования и эффективна.

#### Список литературы

1. Пат. 2497113 Российская Федерация, МПК G 01 N 33/36. Способ оценки миграции пухо – перовой смеси и устройство для его осуществления [Текст] / Горбачева М.В., Березина М.А., Дьяконова Е.В., Метелева О.В.; заявитель и патентообладатель Ивановская гос. текст. академия. – № 2012130503; заявл. 17.07.2012; опубл. 27.10.2013, Бюл. № 30.
2. Дьяконова, Е.В. Новый метод исследования и оценки миграции перо – пуховой смеси в одежде [Текст] Е.В. Дьяконова, О.В. Метелева // Дизайн. Материалы. Технология, 2013. - № 1. – С. 56-59
3. Метелева, О.В. Теоретико – технологическая разработка процессов герметизации швейных изделий для повышения водозащитных свойств: дис. на соискание учёной степени докт.техн.наук: защищена 11.10.2007/ О.В.Метелева.-Иваново: 2007.- 352 с.
4. Новоселов, А.Ю. Автоматизированный комплекс для герметизации мест ниточных соединений швейных изделий Текст. / А.Ю. Новоселов, В.В. Веселов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2008. - № 6. - С.73 - 76.

#### References

1. Pat. 2497113 Russian Federation, IPC G 01 N 33/36. Method of down and feather mixture migration estimation and device for its implementation [Text] / M.V. Gorbacheva, M.A. Berezina, E.V. Dyakonova, O.V. Meteleva; applicant and patentee is Ivanovo State Textile Academy. - № 2012130503; stated. 17.07.2012; published. 27.10.2013 Bulletin. Number 30.
2. Dyakonova, EV New investigation and evaluation method of feather and down mixture migration in clothing [Text] E.V. Dyakonova, O.V. Meteleva // Design. Materials. Technology, 2013. - № 1. - p. 56-59
3. Meteleva, O.V. Theoretical and technological engineering of sealing garments for water protection properties raising: dissertation for degree of Doctor of Technical Sciences: protected 11.10.2007/O.V.Meteleva.-Ivanovo: 2007. – p. 352.
4. Novoselov A. Yu The automated complex for sealing of garments thread connections. [Text]./ A. Yu. Novoselov , V.V. Veselov // Textile industry technology 2008. - № 6. - p.73 - 76.

#### Сведения об авторах:

Дьяконова Елена Валерьевна, соискатель кафедры Технологии швейных изделий ИГПУ, сот. 89206707830, e-mail [el\\_dyakonova@mail.ru](mailto:el_dyakonova@mail.ru)

Метелева Ольга Викторовна, д.т.н., профессор, зав. Кафедрой Технологии швейных изделий ИГПУ, Шереметевский пр., 21, 153000, г. Иваново, Россия, тел. 84932937848, сот. 89109968911, e-mail [olmet07@yandex.ru](mailto:olmet07@yandex.ru)

Бондаренко Людмила Ивановна, к. т. н., доцент кафедры физики и нанотехнологий ИВГПУ, Шереметевский пр., 21, 153000, г. Иваново, Россия, тел. 84932937848.

Elena V. Dyakonova, Searcher of garments Technology Department of IvGPU, 89206707830, e-mail [el\\_dyakonova@mail.ru](mailto:el_dyakonova@mail.ru)

Olga V.Meteleva, doctor of Technical Sciences, Professor, the Head of garments Technology Department of IvGPU, Address: 153000, Ivanovo, Sheremetev av., 21. Russia Tel.: +7(4932)93-78-48, fax: +7(4932)41-50-88, 89109968911, e-mail [olmet07@yandex.ru](mailto:olmet07@yandex.ru)

Ludmila I. Bondarenko, candidate of Technical Sciences, assistant professor of physics and nanotechnology Department of IvGPU, Address: 153000, Ivanovo, Sheremetev av., 21. Russia Tel.: +7(4932)93-78-48, fax: +7(4932)41-50-88, 89106688056

## **КРАШЕНИЕ ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНОГО ВОЛОКНИСТОГО МАТЕРИАЛА ЖИВОТНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЛАЗМЕННОЙ ТЕХНОЛОГИИ**

Р.Ф.Гайнутдинов

Казанский национальный исследовательский технологический университет,  
gainutdin\_ruslan@mail.ru

**В работе рассматривается процесс обработки плазмой кислотного красителя для получения более насыщенных цветовых гамм. Представлены результаты исследования кислотного красителя, критерием оценки которых являлись размер частиц. После плазменной модификации повышение свойств происходит за счет изменений частиц красителя, вследствие чего, происходит повышение их реакционной способности, что позволяет уменьшить расход красителей до 40% и более качественно провести процессы осветления и крашения.**

**Ключевые слова: ПЛАЗМА, МОДИФИКАЦИЯ, ШУБНАЯ ОВЧИНА, КИСЛОТНЫЙ КРАСИТЕЛЬ.**

### **DYEING OF HIGH MOLECULAR FIBER MATERIAL OF ANIMAL ORIGIN WITH USING PLASMA TECHNOLOGY**

Gainutdinov R.F.

**The paper considers the process of plasma acid dye for more saturated color schemes. The results of investigation an acid dye presented and evaluation criterion is the size of the particles. After plasma modification boosting properties is due to changes in the dye particles , thus , there is an increase of their reactivity , which reduces the flow of dyes to 40% and spend more quality lighting and dyeing processes .**  
**Keywords: PLASMA, MODIFICATION , FUR SHEEPSKIN , ACID DYES**

Крашение высокомолекулярного волокнистого материала животного происхождения, в частности меха, проводят с целью имитирования ценных видов пушнины, подцветки или выравнивания природной окраски и придания модного цвета.

Известны способы крашения меховых шкур с применением красителей, относящихся к различным классам органических соединений. Однако, ассортимент применяемых красителей ограничен. Это можно объяснить спецификой крашения: необходимо закрасить кожную ткань и сохранить натуральный цвет волосяного покрова, закрасить волосяной покров в другой желаемый тон или закрасить кожную ткань и волосяной покров тон в тон. Исходя из красящей способности красители можно разделить на 3 группы: 1) красители, окрашивающие кожную ткань, но не окрашивающие волос, 2) красители, окрашивающие волос, но не окрашивающие кожную ткань, 3) красители, окрашивающие волос и кожную ткань.

Крашение волосяного покрова кислотными красителями осуществляется при высоких температурах, обычно 65°C. Экспериментально установлено, что именно при этой температуре, в результате частичного набухания кератинового волокна структура волоса становится достаточно открытой для проникания в нее громоздких молекул красителей.

Представляется целесообразным рассмотреть процесс модификации как меховой овчины, так и красителей потоком плазмы ВЧЕ разряда пониженного давления, который приводит к уменьшению размеров частиц красителей и их диспергированию, что подтверждается с помощью лазерного сканирующего 3D микроскопа LEXT4000 при увеличении в 100 раз. Проводили оценку влияния потока плазмы ВЧЕ разряда пониженного давления на внутреннюю структуру кислотных и металлокомплексных красителей. Анализ микрофотографий кислотного красителя показал, что в контрольном образце (рис.1а)

наблюдается присутствие крупных частиц натриевых солей. У кислотного красителя, обработанного потоком плазмы ВЧЕ разряда пониженного давления гранулометрический размер частиц натриевых солей уменьшается, происходит рассредоточения частиц красителей (рис. 1б), что обеспечивает активацию процесса миграции и фиксации кислотного красителя в коллаген кожной ткани и кератин волоса.

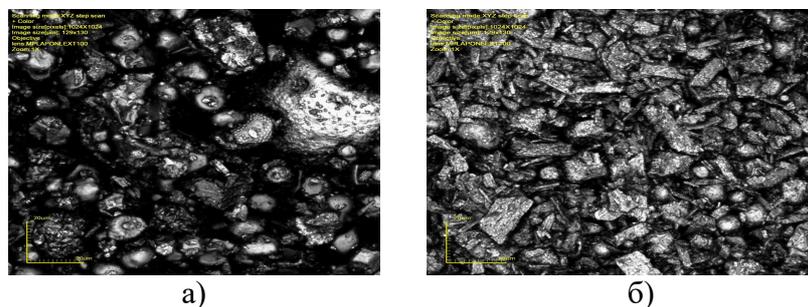


Рис. 2. Микрофотографии частиц кислотного красителя×100: а) контрольный образец; б) опытный образец ( $W_p= 1,7$  кВт,  $G_{Ar}=0,04$  г/с,  $P=33$  Па,  $\tau=20$  мин,  $f= 13,56$  МГц)

В процессе плазменной обработки краситель, как и любое другое тело в высокочастотном электрическом поле, заряжается отрицательно. Кроме того в плазменном потоке, благодаря наибольшей амплитуды колебаний электронного газа ( $\sim 10^{-3}$  м) у поверхности кожной ткани и волосяного покрова овчины формируется слой положительного заряда (СПЗ), который оказывается дополнительным электродом. Положительные ионы плазмообразующего газа разгоняются в СПЗ и получают энергию от 70 до 100 эВ при обработке в потоке плазмы ВЧЕ разряда пониженного давления. Попадая на поверхность образца из овчины, ионы плазмообразующего газа отдают свою кинетическую энергию поверхностным атомам исследуемого красителя. Кроме того, при взаимодействии иона с поверхностью овчины допустима его рекомбинация с определенным энерговыделением. Совокупное влияние кинетической и потенциальной энергии иона плазмообразующего газа приводит как к диспергированию надмолекулярной структуры красителя, так и увеличению их миграции в кожную ткань шубной овчины, что обеспечивает равномерность и насыщенность покраски. При этом плотность ионного тока на поверхности наноструктурированного образца в процессе обработки плазмой ВЧЕ разряда пониженного давления равняется  $0,3-0,9$  А/м<sup>2</sup>, что согласуется с плотностью ионного потока 2-6 ион/(нм<sup>2</sup>×с). Характерное время релаксации атомных состояний создается порядка  $10^{-13}$  с. Это обозначает, что спецэффект кумуляции различных ионов отсутствует, поэтому обработка красителей происходит без нагрева.

Таким образом, анализируя проведенные теоретические исследования, можно сделать вывод, что модификация красителя плазмой ВЧЕ разряда пониженного давления повышает их реакционную способность, что позволяет уменьшить расход красителей до 40% и более качественно провести процессы осветления и крашения.

#### Список литературы

1. Тенденции моды 2013 [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://www.meharf.ru/poleznye-sovety/11-okraska-mexa>, свободный.
2. Химическая энциклопедия [Электронный ресурс] – Режим доступа: [http://www.chemport.ru/data/chemipedia/article\\_1804.html](http://www.chemport.ru/data/chemipedia/article_1804.html), свободный.
3. И. Ш. Абдуллин, Ф. С. Шарифуллин, Р. Ф. Гайнутдинов, Вестник Казанск.технол.ун-та №17, 57-59 (2013).
4. Кислотные красители [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://dye.technohim.ru/catalog/dye/acid/>, свободный.

Сведения об авторе:

Гайнутдинов Руслан Фаридович, аспирант, Казанский национальный исследовательский технологический университет, 420015 г.Казань, Карла Маркса, 68; рабочий +7(843) 2314197, мобильный 89046673309; [Gainutdin\\_ruslan@mail.ru](mailto:Gainutdin_ruslan@mail.ru)

Information about author:

Gainutdinov Ruslan Faridovich, postgraduate student, Kazan national research technological University, 420015 Kazan, 68, Karl Marx street; working +7(843) 2314197, mobile 89172734410; [Gainutdin\\_ruslan@mail.ru](mailto:Gainutdin_ruslan@mail.ru)

УДК 677.027.625.121.5

## **МОДИФИКАЦИЯ ПОВЕРХНОСТИ ЦЕЛЛЮЛОЗНОГО ВОЛОКНА ДЛЯ ПРИДАНИЯ ГИДРОФОБНЫХ СВОЙСТВ**

А.К. Баданова

Алматинский технологический университет, Казахстан  
[aika.e-mail@mail.ru](mailto:aika.e-mail@mail.ru)

В работе рассматривается способ гидрофобной отделки целлюлозных текстильных материалов путем модификации поверхности волокна для придания устойчивых водоотталкивающих свойств. Модификация волокна заключается в синтезе на его поверхности тонкой, непрерывной полимерной пленки, которая сшивается с целлюлозой волокна ковалентными полярными связями. Проведены исследования по измерению краевого угла смачивания и поверхностной энергии текстильного материала. Поверхность волокон исследовалась на растровом электронном микроскопе. Эффективность предложенной технологии заключается в обеспечении высокой гидрофобизации текстильного материала с максимальным сохранением воздухопроницаемости, эстетических, эксплуатационно-гигиенических показателей, повышении стойкости к истиранию, а также сокращении времени термообработки материала и применение минимального количества компонентов аппарата.

**Ключевые слова:** ГИДРОФОБНОСТЬ, ЦЕЛЛЮЛОЗНЫЙ ТЕКСТИЛЬНЫЙ МАТЕРИАЛ, ПОВЕРХНОСТНАЯ МОДИФИКАЦИЯ, СИНТЕЗ, ТЕРМООБРАБОТКА, ВОЗДУХОПРОНИЦАЕМОСТЬ, КРАЕВОЙ УГОЛ СМАЧИВАНИЯ, КРИТИЧЕСКОЕ ПОВЕРХНОСТНОЕ НАТЯЖЕНИЕ.

## **SURFACE MODIFICATION OF CELLULOSE FIBER TO IMPART HYDROPHOBIC PROPERTIES**

Badanova A.K.

Almaty Technological University, Kazakhstan  
[aika.e-mail@mail.ru](mailto:aika.e-mail@mail.ru)

In this work there are considered a method of hydrophobic finishing of cellulosic textile materials by modifying the fiber surface to impart stable water repellent properties. Modification of the fiber occurs due to synthesis on its surface a thin, continuous polymer film which is crosslinked with cellulose of fiber by polar

covalent bonds. Researches on the measurement of contact angle and surface energy of the textile material was conducted. The surface of the fibers was studied by scanning electron microscope. The effectiveness of the proposed technology is providing a high hydrophobization of textile material with maximum maintenance of air permeability, aesthetic, operational and hygienic indicators, improving resistance to abrasion and reducing treatment time of material and using of minimum number of sizing components.

**Keywords:** HYDROPHOBICITY, CELLULOSIC TEXTILE MATERIAL, SURFACE MODIFICATION, SYNTHESIS, HEAT TREATMENT, AIR PERMEABILITY, CONTACT ANGLE, THE CRITICAL SURFACE TENSION.

Гидрофобность текстильных материалов во многом определяется свойствами и структурой поверхностного слоя толщиной в несколько нанометров. При разработке таких материалов предполагается применение низкоэнергетических покрытий, обеспечивающих водоотталкивающие свойства. Основным принцип – изменение энергетики поверхности, через изменение ее химической природы с помощью специальных препаратов гидрофобизаторов. Это препараты определенной химической природы, содержащие в молекулах неполярные, гидрофобные группы [1].

Основным требованием к таким гидрофобным препаратам является их способность образовывать на отдельных волокнах сплошную пленку и устойчивость эффекта гидрофобности за счет их химической связи с текстильным материалом или за счет их нерастворимости в воде [2].

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

Особенностью способа модифицирования поверхности волокна заключается в образовании ковалентных полярных связей между пленкой и целлюлозой волокна, что обеспечивает устойчивость гидрофобной отделки к стирке.

Для проведения эксперимента были использованы образцы хлопчатобумажной отбеленной неаппретированной ткани костюмной группы с поверхностной плотностью  $230 \pm 12$  г/м<sup>2</sup>. Обработку текстильного материала проводили по следующей технологии: хлопчатобумажную ткань подвергали пропитке раствором полиэтиленгликоля (ПЭГ 6000) с последующей сушкой, а затем раствором толуилен-2,4-диизоцианата (2,4-ТДИ) с последующей сушкой, а затем термообработкой под термопрессом. После отделки ткань промывается и сушится.

Для изучения поверхности ткани и волокон был использован автоэмиссионный сканирующий растровый электронный микроскоп JSM-7500F («JEOL», Япония). Краевой угол смачивания и критическое поверхностное натяжение модифицированной ткани, а также дисперсионная и полярная составляющие поверхностного натяжения измерялись на приборе DSA100E («KRUSS», Германия). Воздухопроницаемость определяли методом [3], показатели износостойкости ткани определяли методом [4].

На рисунке 1 представлены микрофотографии поверхности волокон до обработки (рис. 1, а) и после обработки ПЭГ (6000) и 2,4-ТДИ (рис. 1, б, в). При сравнении микроснимков видны значительные изменения поверхности волокон до и после обработки. На модифицированных волокнах (рис 1, б, в) образовалась не растворимая в воде полимерная пленка.

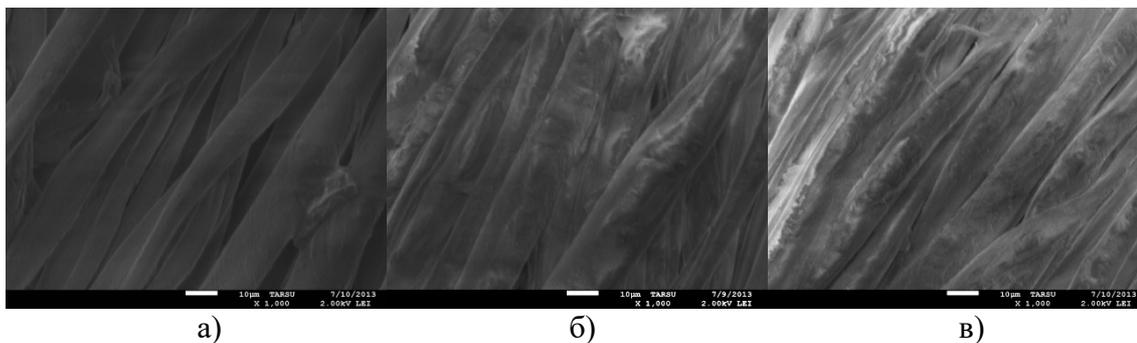


Рисунок 1. Микрофотографии волокон хлопчатобумажной ткани:  
 а) необработанной; б) модифицированной ПЭГ (6000) - 15 г/л и 2,4-ТДИ -18 мл/л;  
 в) модифицированной ПЭГ (6000) - 15 г/л и 2,4-ТДИ -30 мл/л;

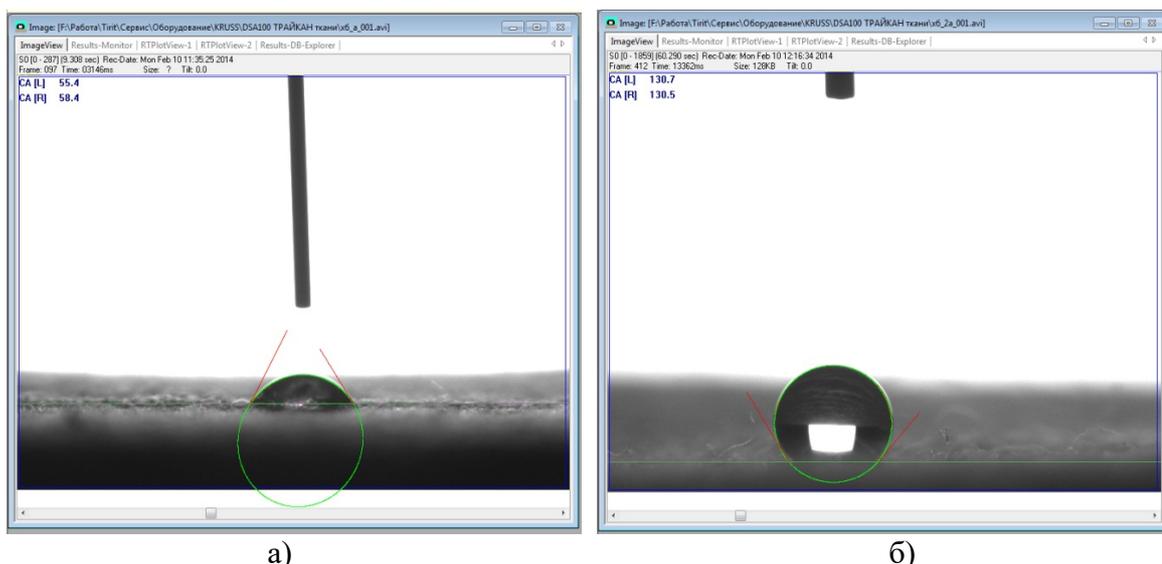
При образовании гидрофобной пленки на поверхности волокон вода не проникает через ткань и не смачивает текстильный материал, капли воды образуют сферы, которые скатываются с материала (рис. 2). После гидрофобизации ткань остаётся воздухопроницаемой, сохраняя основные гигиенические свойства.



Рисунок 2. Капли воды на поверхности хлопчатобумажной ткани, обработанной ПЭГ (6000) и 2,4-ТДИ

При отверждении полимера путем термообработки при высокой температуре на поверхности волокна образуется полимолекулярный слой, обладающий высокой адгезией к волокну и придающий ему водоотталкивающие свойства. Образование простой эфирной связи С–О–С между 2,4-ТДИ и ПЭГ, а также между 2,4-ТДИ целлюлозой волокна обеспечивает сшивание полимера с поверхностью волокна ковалентной полярной связью, что определяет устойчивость отделки к стиркам и химической чистке [5], [6].

Исследованиями установлено, что как краевой угол смачивания водой необработанной ткани составил меньше  $90^\circ$  (рис. 3, а), т.е. материал легко впитывает воду, в то время как краевой угол смачивания водой обработанной ткани составил  $130,6^\circ$  (рис. 3, б) – материал становится гидрофобным. Критическое поверхностное натяжение модифицированной ткани (Total IFT (IFT (s)):  $31,3 \pm 0$  МДж/м<sup>2</sup>, дисперсионная составляющая поверхностного натяжения (Disperse Pt (IFT (s,d)):  $29,4 \pm 0$  МДж/м<sup>2</sup>, полярная составляющая поверхностного натяжения (Polar Pt (IFT (s,p)) :  $1,9 \pm 0$  МДж/м<sup>2</sup>.



а) б)  
Рисунок 3. Измерение краевого угла смачивания на приборе DSA100E:  
а) необработанной ткани; б) ткани, модифицированной ПЭГ (6000) и 2,4-ТДИ;

Результаты исследования воздухопроницаемости и стойкости к истиранию представлены в таблице 1. Из таблицы видно, что стойкость к истиранию обработанной ткани выше, чем у необработанной. Воздухопроницаемость обработанных образцов изменяется незначительно.

Таблица 1. Показатели воздухопроницаемости и стойкости к истиранию ткани

№ образца	Концентрация ПЭГ, г/л	Концентрация 2,4 -ТДИ, г/л	Воздухопроницаемость, $\text{дм}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}$	Число циклов до разрушения образца
Образец I	5	6	56,0	359
Образец II	5	18	55,7	381
Образец III	5	30	54,6	436
Образец IV	15	6	55,3	386
Образец V	15	18	54,1	425
Образец VI	15	30	53,5	483
Контроль	-	-	56,3	310

Примечание: Норма воздухопроницаемости для ткани по ГОСТ 20359-74 составляет  $20 \text{ дм}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}$ .

### Список литературы

- [1] Кричевский, Г.Е. (2011) Нано-, био-, химические технологии в производстве нового поколения волокон, текстиля и одежды. Издание первое. – М., 528 с.
- [2] Кричевский, Г.Е. (2001) Химическая технология текстильных материалов: учеб. для вузов в 3-х т. Т. 3. М.: Российский заочный институт текстильной и легкой промышленности, 298 с.
- [3] ГОСТ 12088–77 (2003) Материалы текстильные и изделия из них. Метод определения воздухопроницаемости. – М.: ИПК Издательство стандартов, – 12 с.
- [4] ГОСТ 18976–73 (1985) Ткани текстильные. Метод определения стойкости к истиранию. – М.: Издательство стандартов, – 6 с.
- [5] Методы исследования в текстильной химии: Справ./ Под ред. Кричевского, Г. Е.– (1993) М. – 401 с.
- [6] Badanova, Aigerim; Burkitbai, Assemgul; Taussarova, Bizhamal; Kutzhanova, Aiken. (2013) Application of composite structure for water-repellent finishing of textiles// Aachen – Dresden International Textile Conference. Aachen-Dresden, November 28-29, p. 147, CD, poster № P22.

### References

- [1] Krichevskij, G.E. (2011) Nano-, bio-, khimicheskie tekhnologii v proizvodstve novogo pokoleniya volokon, tekstilya i odezhdyy. Izdanie pervoe. – M., 528 s.
- [2] Krichevskij, G.E. (2001) KHimicheskaya tekhnologiya tekstil'nykh materialov: ucheb. dlya vuzov v 3-kh t. T. 3. M.: Rossijskij zaochnyj institut tekstil'noj i legkoj promyshlennosti, 298 s.
- [3] GOST 12088–77 (2003) Materialy tekstil'nye i izdeliya iz nikh. Metod opredeleniya vozdukhopronitsaemosti. – M.: IPK Izdatel'stvo standartov, – 12 s.
- [4] GOST 18976–73 (1985) Tkani tekstil'nye. Metod opredeleniya stojkosti k istiraniyu. – M.: Izdatel'stvo standartov, – 6 s
- [5] Metody issledovaniya v tekstil'noj khimii: Sprav./ Pod red. Krichevskogo, G. E.– (1993) M. – 401 s.
- [6] Badanova, Aigerim; Burkitbai, Assemgul; Taussarova, Bizhamal; Kutzhanova, Aiken. (2013) Application of composite structure for water-repellent finishing of textiles// Aachen – Dresden International Textile Conference. Aachen-Dresden, November 28-29, p. 147, CD, poster № P22.

### Сведения об авторе:

Баданова Айгерим Кенжебековна, докторант PhD (аспирант), Алматинский технологический университет, Республика Казахстан, г. Алматы, 050012, ул. Толе би, 100 8 701 559 62 29; aika.e-mail@mail.ru.

### Information about the author:

Badanova Aigerim Kenzhebekovna, Doctoral student (graduate student), Almaty Technological University, Republic of Kazakhstan, Almaty, 050012. Tole bi st., 100, 8 701 559 62 29; aika.e-mail@mail.ru.

УДК 677.062: 620.17

## СКРЕПЛЯЮЩИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ СПЕЦОДЕЖДЫ

Микрюкова О.Н., Ульвачева Л.А., Макарова Н.А., Бесшапошникова В.И.

Московский государственный университет дизайна и технологии,  
E-mail: vibesvi@yandex.ru

В статье рассматривается модификация швейных ниток *фосфорсодержащими замедлителями горения* с целью снижения горючести. Исследовано влияние модификации на прочностные и огнезащитные свойства швейных ниток, а также на свойства ниточных соединений деталей спецодежды. Установлено, что швы обладают не только прочностью, но и устойчивостью к действию отрицательных производственных факторов. Высокие значения кислородного индекса 31,5-34,5 %об., устойчивость к прожиганию от источника зажигания до 35 кВт/м<sup>2</sup> и устойчивость к открытому пламени позволяет отнести огнезащищенные нитки в категорию трудногораемых.

Ключевые слова: ШВЕЙНЫЕ НИТКИ, СПЕЦОДЕЖДА, КАЧЕСТВО, НАДЕЖНОСТЬ ШВОВ, СВОЙСТВА, ОГНЕЗАЩИТНАЯ МОДИФИКАЦИЯ.

## FASTENING MATERIALS FOR PROTECTIVE CLOTHING

Mikrykova O.N., Ulyvacheva L.A., Makarova N.A., Besshaposhnikova V.I.  
Moscow State University of Design and Technology  
E-mail: vibesvi@yandex.ru

The article deals with modification of sewing threads by phosphorous-containing burning inhibitors with the purpose of reduction of combustibility. The modification's influence on strength and on fire-proof properties of sewing threads was analyzed as well as properties of the sewn seam of parts of protective clothing. It is determined that seams have not only strength, but also resistance to the effect of negative factors. High oxygen index with the volume of 31,5-34,5%, resistance to burning by the source of firing under 35 kW/m<sup>2</sup>, and resistance to open flame can refer fire-protected thread to the slow burning category.

**Keywords: SEWING THREADS, PROTECTIVE CLOTHING, QUALITY, RELIABILITY OF SEAMS, PROPERTIES, FIRE-RESISTANT MODIFICATION.**

Качество швейных изделий во многом зависит от качества ниточных соединений, а, как известно [1], на качество шва влияют, прежде всего, волокнистый состав и структура нитей. Анализ данных топографии износа спецодежды сварщика показал, что уже через 6 месяцев эксплуатации ниточные соединения деталей спецодежды разрушаются под действием расплава металла и раскаленной окалины, сокращая срок эксплуатации изделия в целом [2]. В производстве огнезащитной спецодежды сварщиков и металлургов для выполнения стачных швов рекомендуется использовать нитки неогнезащищенные хлопчатобумажные специального назначения или армированные, стойкие к механическим нагрузкам. Для настрочных и накладных швов рекомендуют стойкие к повышенным температурам фенилоновые швейные нитки (ГОСТ12.4.105-81). В настоящее время для производства спецодежды рекомендуется использовать штапельные арамидные нитки – тварш, русарм и СВМ (ГОСТ Р 53019-2008). ОАО «НИИ ниток «Петронить» выпускает термостойкие нитки СВМ шести типомарок, предназначенные для производства огнезащитной спецодежды. По прочности нитки 60 СВМ превосходят другие виды самых прочных традиционных ниток в 2–4 раза, но обладают малой растяжимостью (в 4–5 раз). Разрушение ниток 60 СВМ в пламени горелки происходит через 38 секунд [3]. Поэтому проведение исследований, направленных на снижение горючести ниток из натуральных и химических волокон, обладающих высокой эластичностью, прочностью и хорошими пошивочными свойствами, является актуальной проблемой. Целью данных исследований является придание огнезащитных свойств традиционным швейным ниткам из натуральных и синтетических волокон и повышение надежности ниточного соединения деталей спецодежды.

Для придания огнезащитных свойств модификации подвергали армированные (ЛХ) и хлопчатобумажные (Х/б) «Специальные» 27текс×3 швейные нитки. Модификацию осуществляли 10%-м раствором диметилметилфосфоната (ДММР) или фосдиола (ФД) по разработанной технологии огнезащиты [4]. Исследование влияния модификации на физико-механические и эксплуатационные свойства ниток показало, что модификация не ухудшает прочностные свойства и не влияет на внешний вид швейных ниток (табл. 1).

Таблица 1. Показатели свойств огнезащищенных ниток

Состав ниток, % масс	T, текс	Po, сН/текс	Равновесность ниток, виток/м	Жесткость при кручении, усл. ед.	Усадка от замачивания, %
Х/б 27текс×3 исх.	80	34	5	115	1,52
Х/б+12ДММР	79,1	34,6	6	98	0,96
Х/б+25ФД	79,6	34,7	5	103	0,93
ЛХ исходная	45	34,3	6	111	0,61
ЛХ +13ДММР	43,3	37,6	6	117	0,47
ЛХ +24ФД	44,8	37,7	5	105	0,51

Нитки, модифицированные ФД и ДММР, по показателям свойств отвечают требованиям, предъявляемым к ниткам для огнезащитной одежды [5]. Повышение прочности ниток в результате модификации обусловлено тем, что под действием лазерного излучения в процессе модификации замедлители горения равномерно распределяются в объеме ниток (рис. 1) в виде частиц размером от 0,5 до 8 нм. При этом лазерное излучение способствует повышению упорядоченности структуры, о чем свидетельствует повышение степени кристалличности волокнообразующих полимеров огнезащищенных ниток на 5-7% (данные РСА), и усиливает межмолекулярное взаимодействие, что приводит к уменьшению усадки и линейной плотности ниток.

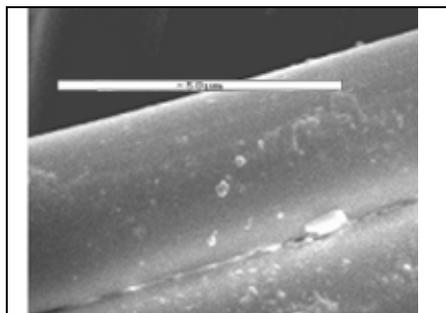


Рис. 1. Распределение диметилметилфосфоната в структуре огнезащищенных х/б ниток

Определение показателей качества ниточного соединения огнезащищенными нитками образцов полульняной ткани с пропиткой арт. 11252 показало, что прочность швов зависит не только от прочности ниток, но и от направления приложения нагрузки, длины стежка и

конструкции швов (ГОСТ 29122-91). Наибольшей прочностью характеризуются швы с длиной стежков 2,5-3,5 мм (табл. 2). При одинаковой длине стежка, шов выдерживает большие нагрузки, если усилие прикладывается вдоль линии шва. Швы из огнезащищенных ниток обладают большей прочностью, чем швы, выполненные исходными нитками. Чем больше длина стежка, тем удлинение шва выше. Удлинение шва при приложении нагрузки вдоль шва составляет 22-24% для Х/Б ниток и 40-44% для ЛХ, что в два раза выше, чем при приложении нагрузки перпендикулярно шву.

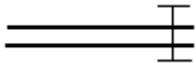
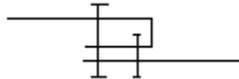
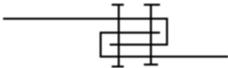
Таблица 2. Характеристика свойств, определяющих надежность ниточного соединения деталей огнезащитной спецодежды

№ п/п	Характеристики ниточного соединения деталей огнезащитной спецодежды	Показатели свойств			
		Х/Б + 12ДММР	Х/Б+ 25ФД	ЛХ+ 13ДММР	ЛХ+ 24ФД
1.	Нагрузка при разрыве ниток, сН	1771	1789	1632	1689
2.	Относительное разрывное удлинение ниток, %	9,8	10,4	27,4	28,1
3.	Стойкость к прожиганию, изменение прочности шва после воздействия пламени 30 с, %	6,7	7,6	8,5	7,7
4.	Кислородный индекс, % об	31,5	32,5	32	34,5
5.	Разрывная нагрузка, даН, шва: стачного настрочного в замок	61,5 67,9 72,5	65,6 71,4 77,6	67,2 79,6 88,3	73,3 82,5 92,1
6.	Состав ниток, % масс	Х + 12ДММР	Х+ 25ФД	61Х+26Л+ 13ДММР	53Х+23Л+ 24ФД
7.	Линейная плотность, текс	80	79,1	43,3	44,8
8.	Длина стежка, мм	2,5-3,5	2,5-3,5	2,5-3,5	2,5-3,5
9.	Натяжение ниток, сН	250	250	250	250

Примечание: Х - хлопок; Л - лавсан.

Исследование влияния конструкции шва с длиной стежка 3 мм на разрывную нагрузку и жесткость швов показало (табл. 3), что при жесткости исходной ткани арт. 11252 равной 23869 мкН·см<sup>2</sup>, жесткость стачного шва в 3 раза меньше, чем настрочного и взамок. Модификация ниток замедлителями горения не оказывает заметного влияния на жесткость швов. Разрывная нагрузка шва взамок на 25-60% и шва настрочного на 15-46% выше, чем стачного. Относительное удлинение с увеличением числа строчек уменьшается на 3,5-5,5%. Следовательно, можно утверждать, что швы будут надежны в процессе эксплуатации спецодежды.

Таблица 3. Зависимость деформационно-прочностных свойств соединений деталей от конструкции швов

Вид шва, схема	Содержание ЗГ в нитках, % масс.	Разрывная нагрузка шва, даН*	Разрывное удлинение, %	Жесткость при изгибе, мкН·см <sup>2</sup>
Стачной 	100 Х/Б 27текс×3 исх	56,3	20,7	71468
	88Х/6+12ДММР	61,5	20,3	71513
	75Х/6+25ФД	65,6	21,8	71342
	100 (44 ЛХ) исх.	52,6	40,4	70125
	87ЛХ +13ДММР	67,2	40,8	70216
	76ЛХ +24ФД	73,3	44,6	70071
Настрочной 	100 Х/Б 27текс×3 исх.	65,8	16,4	210848
	88Х/6+12ДММР	67,9	15,9	210965
	75Х/6+25ФД	71,4	16,9	210743
	100 (44 ЛХ) исх	77,2	37,0	206451
	87ЛХ +13ДММР	79,6	38,2	207144
	76ЛХ +24ФД	82,5	39,1	205324
Взамок 	100 Х/Б 27текс×3 исх	71,3	15,3	242198
	88Х/6+12ДММР	72,5	15,5	243541
	75Х/6+25ФД	77,6	16,1	241121
	100 (44 ЛХ) исх	84,5	36,1	225205
	87ЛХ +13ДММР	88,3	36,9	225987
	76ЛХ +24ФД	92,1	37,5	223546

\* коэффициент вариации по разрывной нагрузке 5,6-8,4%; разрывному удлинению 8,9-12,7%.

Исследование устойчивости швов к действию пламени (ГОСТР 53264-2009, ISO 6941) показало, что для исходных огнезащитных ниток прочность швов после воздействия открытого пламени в течение 30с снижается на 77% для Х/Б 27текс×3 ниток и 89% – ниток 44ЛХ. Огнезащитные нитки сохраняют прочность шва под действием огня, снижение прочности не превышает 9% (стандартом допускается до 20%).

Определены наиболее значимые показатели свойств ниточного соединения деталей спецодежды разработанными огнезащитными швейными нитками (табл. 2). Определено, что огнезащитные швейные нитки повышают надежность ниточного соединения деталей одежды. Швы обладают не только прочностью, но и устойчивостью к действию отрицательных производственных факторов. Высокое значение кислородного индекса 31,5-34,5 %об., устойчивость к прожиганию от источника зажигания до 35 кВт/м<sup>2</sup> и устойчивость к открытому пламени позволяет отнести огнезащитные нитки в категорию трудногораемых.

Таким образом, в результате проведенных исследований установлена взаимосвязь характеристик эксплуатационных свойств ниточных соединений деталей спецодежды из огнезащитных материалов от конструктивно-технологического решения выполнения шва.

Определено, что огнезащищенные нитки по всем показателям отвечают нормативным требованиям и обеспечивают высокую надежность ниточных соединений деталей спецодежды к воздействию наиболее опасных производственных факторов.

#### Список литературы

1. Смирнова, Н.А. (2008) Выбор швейных ниток для изделий: учебное пособие / Н. А. Смирнова, А. П. Жихарев. – Кострома : Изд-во Костром. гос. технол. ун-та. – 67 с.
2. Бесшапошникова, В.И. (2006) Развитие научных основ и разработка методов придания огнезащитных свойств материалам и изделиям легкой промышленности : Дис. ... док. техн. наук: 05.19.01. - Москва. – 342 с.
3. Беденко, В. (2002) Новый ассортимент швейных ниток для спецодежды, защищающей от действия повышенных температур / В. Беденко, А. Полушкин // Рабочая одежда, № 4 (16). – С. 21-23.
4. Пат. 2275449 РФ, МПК D06M 13/447, 101/34, 101/32, 10/04, C09K 21/12. Способ получения огнезащищенного волокнистого материала./ Бесшапошникова В.И., Гришина О.А. – заявка №2005100249; Заявлено 11.01.2005.
5. Технический регламент ТС 019/2011. О безопасности средств индивидуальной защиты.

#### List of literature

1. Smirnov, N.A. (2008) Selection of sewing threads for products: a manual / Н. А. Smirnova, А. P. The Zhikharev. - Kostroma : Publishing house Fire. state technology. University. - 67 p.
2. Besshaposhnikova, V. (2006) the Development of scientific bases and development of methods for making surfaces fireproof materials and products of light industry : Dis. ... Doc. the technology. Sciences: 05.19.01. - Moscow. - 342 p.
3. Bedenko, V. (2002) New range of sewing threads for clothes protecting from the action of high temperatures / Century. Bedenko, A. Polushkin // working clothes, no. 4 (16). - Pp. 21-23.
4. Patent 2275449 of the Russian Federation, the IPC D06M 13/447, 101/34, 101/32, 10/04, SC 21/12. Method of extortion of fire-protected fibrous material / Besshaposhnikova V.I., Grishina O.A. - application №2005100249; Claimed 11.01.2005.
5. Technical regulations TC 019 / 2011. On the safety of means of individual protection.

#### Сведения об авторах

- Микрюкова Ольга Николаевна – магистрантка, Московский государственный университет дизайна и технологии (МГУДТ), 117997 г. Москва, ул. Садовническая, 33. Кафедра «Материаловедение», телефон: +79162445395, E-mail: [olgavggu@yandex.ru](mailto:olgavggu@yandex.ru)
- Ульвачева Людмила Алексеевна – аспирантка, МГУДТ, телефон: +79266608377, E-mail: [kukuosja@rambler.ru](mailto:kukuosja@rambler.ru)
- Макарова Наталья Александровна – канд.техн.наук, доцент, доцент кафедры «Материаловедение» МГУДТ, телефон: +79037781480, E-mail: [d212sovet@mail.ru](mailto:d212sovet@mail.ru)
- Бесшапошникова Валентина Иосифовна – док.техн.наук, профессор, профессор кафедры «Материаловедение» МГУДТ, телефон: +79198362261, E-mail: [vibesvi@yandex.ru](mailto:vibesvi@yandex.ru)

#### Information about the authors

- Mikrykova Olga Nikolaevna– student, Moscow State University of Design and Technology (MGUDT), 117997 g. Moscow, street Sadovnicheskaya, 33. Department "Material engineering", mobile handset: +79162445395, E-mail: [olgavggu@yandex.ru](mailto:olgavggu@yandex.ru)
- Ulyvacheva Ludmila Alekseevna– postgraduate-aspirant, department "Material engineering" MGUDT, mobile handset: +79266608377, E-mail: [kukuosja@rambler.ru](mailto:kukuosja@rambler.ru)
- Makarova Natalya Aleksandrovna – Candidate of technical Sciences, docent, docent of the department "Material engineering" MGUDT, mobile handset: +79037781480, E-mail: [d212sovet@mail.ru](mailto:d212sovet@mail.ru)
- Besshaposhnikova Valentina Iosifovna – Doctor of technical Science, professor, professor of the department "Material engineering" MGUDT, mobile handset: +79198362261, E-mail: [vibesvi@yandex.ru](mailto:vibesvi@yandex.ru)

## **ЛЬНОСОДЕРЖАЩИЕ ТКАНИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АНТИМИКРОБНЫХ НАНОМОДИФИЦИРОВАННЫХ ХИМИЧЕСКИХ ВОЛОКОН**

Грищенко В.А., Шаповалова Е.И., Кудрявцева Т.Н.

ОАО «Центральный научно-исследовательский институт комплексной  
автоматизации легкой промышленности» (ОАО «ЦНИИЛКА»), г.Москва  
e-mail: textile@tsniilka.ru

Проведены исследования по созданию ассортимента льносодержащих тканей для медицинской одежды с функциональными свойствами, полученными за счет использования оптимальных сырьевых композиций натуральных волокон льна, хлопка, и модифицированных на основе крейзинга антимикробных полиэфирных волокон, антисептическое вещество триклозан. Выработаны опытные партии инновационных тканей в условиях ОАО «Вологодский текстиль», проведены исследования свойств. Новый ассортимент льносодержащих тканей обладает высокими гигиеническими и физико-механическими свойствами. В Испытательном центре при ФГУ «Институт хирургии им.А.Н.Вишневского» проведены исследования антимикробной активности разработанных тканей, все образцы обладают антимикробной активностью по отношению к грамположительной микрофлоре *St.epidermidis*.

**ЛЬНОСОДЕРЖАЩИЕ ТКАНИ, МЕДИЦИНСКАЯ ОДЕЖДА, МОДИФИЦИРОВАННЫЕ  
ХИМИЧЕСКИЕ ВОЛОКНА, КРЕЙЗИНГ, ИССЛЕДОВАНИЯ, СВОЙСТВА,  
АНТИМИКРОБНАЯ АКТИВНОСТЬ**

## **LINEN CONTAINING FABRICS WITH USE OF THE ANTIMICROBIC NANOMODIFIED CHEMICAL FIBRES**

Grishchenkova V.A., Shapovalova E.I., Kudryavtseva T.N.

OJSC Central Scientific Research Institute for Integrated Complex Automation of Light Industry  
(JSC TSNILKA), Moscow  
e-mail: textile@tsniilka.ru

Researches of range creation the linen containing fabrics for medical clothes with the functional properties received for the account of optimum raw compositions of mixture of natural fibers of flax, cotton, and the bactericidal polyester fibers modified on the basis of a kreyzing, antiseptic substance triclosan are conducted. Pilot batches of innovative fabrics in the conditions of OJSC «Vologodsky tekstil» are developed, researches of properties are conducted. The new range the fabrics containing linen possess high hygienic and physico-mechanical properties. In the Test center at Surgery Institute of A.N.Vishnevsky Federal State Institution researches of antimicrobial activity of the developed fabrics are conducted, all samples possess antimicrobial activity in relation to grampolozhitelny microflora of *St.epidermidis*.

**LINEN CONTAINING FABRICS, THE MEDICAL CLOTHES, THE MODIFIED CHEMICAL  
FIBRES, KREYZING, ANTIMICROBIC, PROPERTIES, ANTIMICROBIC ACTIVITY**

В настоящее время имеют место активные инновационные изменения в мировом производстве текстильных изделий. Благодаря стимулирующему влиянию новых потребностей общества, традиционная концепция изготовления текстильных материалов претерпевает глубокие изменения с точки зрения их функциональности. Сегодня востребованы текстильные материалы, которые обладают заданными функциональными свойствами, создающие максимальный комфорт и обеспечивающие высокое качество жизни. Текстильные изделия нового поколения более адаптированы к человеку, обладают многофункциональными и защитными свойствами, позволяют создать комфортный микроклимат и поддерживать здоровье человека, существенно повысить безопасность среды жизнедеятельности человека.

Одним из способов получения текстильных изделий с новыми свойствами является использование для их производства химических волокон, полученных с использованием нанотехнологий. Это дает возможность повышать безопасность текстильных материалов и получать изделия с заданными потребительскими свойствами: биостатическими, антимикробными, негорючими, грязеотталкивающими, защищающими от ультрафиолетового излучения, электромагнитных волн и др.

В начале 90-х годов в Японии был введен термин «Schin-Goosen» для волокон и текстиля, получаемых по «высоким технологиям», «дружественных человеку» и обозначали на рынке продукцию «нового качества». Понятие «продукция нового качества» включает повышение потребительских свойств - гигиенических, экологических, защитных.

Производство химических волокон со специальными свойствами – пониженной горючести, биоактивных, антимикробных - широко освоено в мире: фирма Trevira (Германия), Medico (Германия), Nylstar (Италия), Morgan Mills (США), Guahoo (Финляндия), странами юго-восточной Азии. Аналогичные работы по получению и переработке новых видов волокон проводятся и в России.

В рамках научно-технической программы Союзного государства «Современные технологии и оборудование для производства новых полимерных и композиционных материалов, химических волокон и нитей на 2008-2012 годы», шифр «Композит», ОАО «ЦНИИЛКА» совместно со специалистами ИММС НАН Беларуси была разработана технология модификации полиэфирных волокон в процессе крейзинга полимеров и получения химических волокон со специальными свойствами [1, 2, 3]. На ОАО «СветлогорскХимволокно» выработаны промышленные партии модифицированных волокон с бактерицидными свойствами, по физико-механическим показателям волокна соответствуют требованиям ГОСТ 10435-94.

В данной работе проведены исследования по созданию инновационного ассортимента льносодержащих тканей с биоактивными свойствами, полученными за счет использования оптимальных сырьевых композиций натуральных волокон льна, хлопка, и модифицированных полиэфирных волокон (антисептическое вещество триклозан).

ОАО «ЦНИИЛКА» провел совместные работы с ОАО «Вологодский текстиль» по созданию льносодержащих тканей с бактерицидными полиэфирными волокнами, модифицированными составами, содержащими триклозан. Были спроектированы структуры и выработаны на технологическом оборудовании ОАО «Вологодский текстиль» опытные партии инновационных льносодержащих тканей с биоактивными свойствами. Проведены исследования свойств по физико-механическим, гигиеническим показателям и антимикробной активности. Исследования показали, что новый ассортимент льносодержащих тканей обладает высокими гигиеническими и физико-механическими свойствами.

В Испытательном центре по методике Государственного центра перевязочных шовных и полимерных материалов ФГУ «Институт хирургии им. А.В. Вишневского» проведены исследования антимикробной активности разработанных тканей. Оценка антимикробных свойств проводилась с использованием метода агаровых пластин. Образцы волокнистого материала (волокно, пряжа, ткань) помещали на зараженный микроорганизмами мясо-пептонный агар в чашках Петри и выдерживали в термостате при температуре 37°C в течение 24 часов. Антимикробная активность оценивалась по величине зоны задержки роста микроорганизмов вокруг краев образцов. Проведенные испытания показали, что зона задержки роста микрофлоры составила от 4 до 9 мм, т.е. разработанные льносодержащие ткани с использованием наномодифицированных полиэфирных бактерицидных волокон обладают антимикробной активностью по отношению к грамположительной микрофлоре *St.epidermidis*

Льносодержащие ткани были апробированы при изготовлении экспериментальных изделий: медицинской одежды - халатов, хирургических костюмов и изделий медицинского назначения - корсетов, бандажей, реклинаторов.

Создание льносодержащих текстильных материалов с использованием модифицированных полиэфирных волокон нового поколения позволит обеспечить швейную промышленность отечественными текстильными материалами со специальными биоактивными свойствами и улучшить биологическую защиту человека.

Новые текстильные материалы с биоактивными свойствами предназначены для медицинского потребления, изготовления специальной одежды работников пищевой, фармацевтической промышленности, работников сферы услуг и социальной защиты.

#### Список литературы:

[1] Гольдаде В.А., Грищенко В.А., Кудрявцева Т.Н., Пинчук Л.С., (2009), Инновационные текстильные материалы с использованием наномодифицированных полиэфирных волокон со специальными свойствами// Технический текстиль, №19.

[2] Программа Союзного государства «Современные технологии и оборудования для производства новых полимерных и композиционных материалов, химических волокон и нитей на 2008-2011 годы». М., 2008.

[3] Винидиктова Н.С., Пинчук Л.С., Гольдаде В.А., Кудрявцева Т.Н., Грищенко В.А., (2009), Технология получения антимикробных химических волокон методом крейзообразования // Материаловедение, № 10, с 57-63.

[1] Goldade V.A., Grishchenkova V.A., Kudryavtseva T.N., Pinchuk L.S., (2009), Innovation textile materials s ispolzovaniem nanomodificirovannix poliefirnyx volokon so specialnimi svoistvami// Texnicheskiy textil, №19.

[2] Программа Союзного государства «Современные технологии и оборудования для производства новых полимерных и композиционных материалов, химических волокон и нитей на 2008-2011 годы». М., 2008.

[3] Vinidiktova N.S., Pinchuk L.S., Goldade V.A., Kudryavtseva T.N., Grishchenkova V.A., (2009), Technolog polucheniya antimicrobnix chimicheskix volokon metodom kreizoobrazovaniya// Materialovedenie, № 10, p.57-63.

#### Сведения об авторах:

Грищенко Валентина Александровна, канд.техн.наук, Исполнительный директор ОАО «ЦНИИЛКА»; 115162 г.Москва, ул.Шухова, 14; тел. +7(499) 764-78-54, моб. 8-916-589-74-96, [textile@tsniilka.ru](mailto:textile@tsniilka.ru)

Шаповалова Елена Ивановна, зав.лабораторией ОАО «ЦНИИЛКА»; 115162 г.Москва, ул.Шухова, 14, тел. +7(499) 764-74-29, моб. 8-916-589-74-98, [institute@tsniilka.ru](mailto:institute@tsniilka.ru)

Кудрявцева Тамара Николаевна, зав.лабораторией ОАО «ЦНИИЛКА»; 115162 г.Москва, ул.Шухова, 14, тел. +7(499) 764-74-29, [t.kudriavtseva@tsniilka.ru](mailto:t.kudriavtseva@tsniilka.ru)

Grishchenkova V.A., Candidate of Engineering Sciences, OJSC Central Scientific Research Institute for Integrated Complex Automation of Light Industry (JSC TSNILKA), 115162, Moscow, Shuhova Str., 14, Tel.+7(499) 764-78-54; e-mail: [textile@tsniilka.ru](mailto:textile@tsniilka.ru)

Shapovalova E.I., OJSC Central Scientific Research Institute for Integrated Complex Automation of Light Industry (JSC TSNILKA), 115162, Moscow, Shuhova Str., 14, Tel.+7(499) 764-74-29; e-mail: [institute@tsniilka.ru](mailto:institute@tsniilka.ru)

Kudryavtseva T.N., Candidate of Engineering Sciences, OJSC Central Scientific Research Institute for Integrated Complex Automation of Light Industry (JSC TSNILKA), 115162, Moscow, Shuhova Str., 14, Tel.+7(499) 764-74-29; e-mail: [t.kudriavtseva@tsniilka.ru](mailto:t.kudriavtseva@tsniilka.ru)

## **РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ И АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СВОЙСТВ ТЕКСТИЛЬНЫХ ПОЛОТЕН**

Смирнова Н.А., Замышляева В.В., Лапшин В.В.

Костромской государственной технологической университет  
E-mail [tmchp1@kstu.edu.ru](mailto:tmchp1@kstu.edu.ru)

**В статье приводятся два экспериментальных метода исследования свойств текстильных полотен из автоматизированного измерительного комплекса, разработанного в университете. Методы позволяют определить характеристики изгиба - одного из основных видов деформации материалов одежды. Использование методов, реализующих статический и динамический режимы испытаний, позволяет оценить технологические и эксплуатационные свойства полотен и прогнозировать качество швейных изделий.**

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: МЕТОД, АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА, СВОЙСТВА, ТЕКСТИЛЬНЫЕ ПОЛОТНА, СТАТИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ИСПЫТАНИЙ, ДИНАМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ИСПЫТАНИЙ.**

## **DEVELOPMENT OF METHODS AND AUTOMATED MEASUREMENT SYSTEMS FOR RESEARCH OF TEXTILES PROPERTIES**

Smirnova N.A., Zamyshlyeva V.V., Lapshin V.V.  
Kostroma State Technological University; E-mail [tmchp1@kstu.edu.ru](mailto:tmchp1@kstu.edu.ru)

**In article two experimental methods of research of textiles properties from automated measuring complex, developed at the University are proposed. Methods allow determining bend characteristics that is one of main types of clothing materials deformation. Using of methods those realizing static and dynamic test modes allows to estimate technological and operational fabrics properties and to predict garments quality.**

**KEYWORDS: METHOD AUTOMATED MEASURING SYSTEM, PROPERTIES, TEXTILES, TEST STATIC MODE, TEST DYNAMIC MODE.**

Используемые в текстильном материаловедении методы и степень совершенства инструментального обеспечения в значительной степени влияют на объективность оценки свойств исследуемых материалов. Существующие в России стандартные методы оценки свойств текстильных материалов не соответствуют современному уровню развития техники, большинство приборов имеют механический принцип действия, что приводит к появлению значительных погрешностей в результатах измерений.

Разработка комплекса методов и автоматизированных измерительных систем, реализующих возможность оценки эксплуатационных и технологических свойств текстильных полотен, позволяют по-новому подходить к оценке качества материалов и совершенствованию технологии их изготовления. Внедрение автоматизированных систем позволяет снизить трудоемкость измерений и открывает возможность создания измерительно-информационных систем, как для научного, так и для промышленного применения.

В Костромском государственном технологическом университете разработан комплекс новых методов и автоматизированных измерительных систем, позволяющих проводить испытания механических свойств текстильных полотен в разных режимах деформирования. Автоматизированные измерительные системы выполнены на основе единой конфигурации, включающей в себя датчики, аналого-цифровые преобразователи, устройства сопряжения с компьютером и специально разработанные управляющие программы, которые формируют файлы данных эксперимента и выдают информацию в цифровой и графической формах. Оценка погрешности автоматизированных систем проводилась по методике [1].

В статье приводятся два экспериментальных метода исследования свойств текстильных полотен из автоматизированного измерительного комплекса, разработанного в университете. Методы позволяют определить характеристики изгиба – одного из основных видов деформации материалов одежды, и реализуют статический и динамический режимы испытаний.

Для оценки деформационных свойств текстильных материалов при изгибе в статических условиях деформирования разработан метод определения релаксационных свойств материалов текстильной и легкой промышленности при изгибе [2]. Релаксационные процессы в текстильных материалах наблюдаются при всех видах механических воздействий на материалы и оказывают большое влияние, как на качество изготовления, так и на эксплуатацию швейных изделий. Предлагаемый метод дает возможность оценки способности материала сопротивляться изгибающему воздействию и восстанавливать свою форму после освобождения от деформирующей силы с записью диаграммы.

Метод оценки формоустойчивости при изгибе заключается в том, что проба исследуемого материала, согнутая в виде кольца, подвергается деформации на  $1/3$  диаметра, выдерживается под нагрузкой и восстанавливается после снятия деформирующего усилия.

Помимо стандартных показателей изгиба – условной упругости ( $V, \%$ ) и условной жесткости ( $P, cH$ ) – определяются новые характеристики: работа изгиба ( $A_u, мкДж$ ), падение усилия ( $\Delta P, cH$ ), работа восстановления после изгиба ( $A_{Vu}, мкДж$ ), разность работ, характеризующая гистерезис ( $\Delta A, мкДж$ ), и коэффициент формоустойчивости, оцениваемый отношением работы восстановления после изгиба к работе изгиба ( $K_{\Phi u}$ ). Характеристики изгиба рассчитываются с помощью программы и могут представляться в табличной форме или определяться непосредственно по диаграмме (рис. 1).

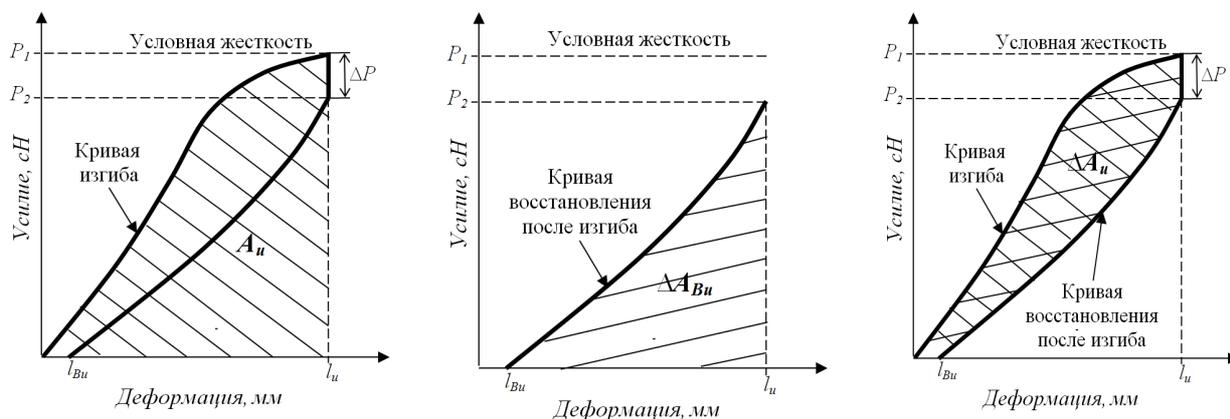


Рисунок 1 – Характеристики изгиба полотен в статических условиях испытаний

Предложенные характеристики расширяют информацию о технологических свойствах материалов и их способности к переработке. Они могут быть использованы для прогнозирования формоустойчивости швейных изделий еще на этапе их проектирования и для обоснованного конфекционирования материалов для одежды с целью обеспечения выпуска конкурентоспособных швейных изделий.

Более достоверная информация об эксплуатационных и технологических свойствах текстильных материалов для одежды может быть получена при проведении динамических испытаний, основанных на методах свободных колебаний. С целью приближения условий испытаний к реальному поведению материалов и для получения сведений о скорости и степени восстановления материалов после снятия изгибающего усилия разработан метод определения эксплуатационных свойств текстильных материалов после изгиба с динамическим характером испытаний [3].

По разработанному методу пробу прямоугольной формы в вертикальном положении одним концом механически фиксируют, изгибают и другим концом закрепляют в

специальном зажиме так, чтобы она приняла форму полуцилиндра вокруг оправки. После снятия изгибающего усилия проба распрямляется, и совершает свободные затухающие колебания, которые фиксируются двумя фотодатчиками. Программные средства позволяют дать графическое изображение данных (рис. 2) и рассчитать комплекс характеристик: коэффициент жесткости ( $C, Н·м^2$ ), остаточный угол изгиба ( $\alpha_{ост}, град$ ), время ( $\tau, с$ ) и скорость восстановления ( $v, м/с$ ).

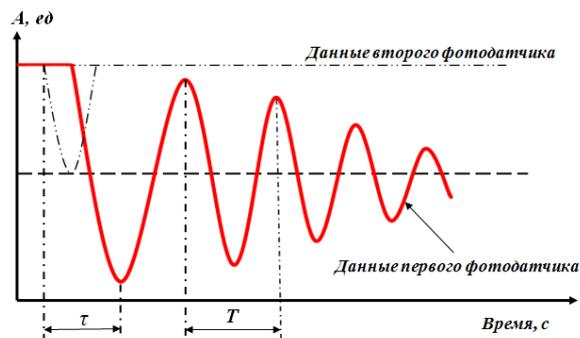


Рисунок 2 – Кривая свободных колебаний пробы после изгиба; (А – единицы кода АЦП)

В процессе совершения человеком различных видов движений материалы в деталях одежды изгибаются, и от того, насколько быстро и в какой степени восстановится форма деталей, зависит стабильность формы изделия в целом. Возможность реализации динамического характера испытаний материалов на изгиб позволяет научно обоснованно подходить к выбору конструктивного решения, обеспечивающего формоустойчивость и комфортность швейных изделий в процессе эксплуатации.

Информация о комплексе характеристик, полученных в динамических условиях деформирования – упругости, жесткости и остаточной деформации после изгиба текстильных полотен – позволяет прогнозировать поведение швейных изделий в эксплуатации.

Разработка современных методов и автоматизированных измерительных систем для исследования свойств текстильных полотен обеспечит внедрение информационных технологий и автоматизации в производстве текстильной и легкой промышленности и будет способствовать выпуску конкурентоспособной отечественной продукции.

#### Список литературы:

1. Лапшин, В.В. Определение динамической погрешности автоматизированных устройств контроля качества текстильных материалов // Вестник Костромского государственного технологического университета – Кострома: КГТУ, 2013. – № 1. – С. 29–31.
2. Патент РФ № 2009127130, 14.07.2009. Замышляева В.В, Смирнова Н.А., Лапшин В.В., Козловский Д.А., Хохлова Е.Е. Способ определения релаксационных свойств материалов при изгибе // Патент России № 2422822. 2011. Бюл. №18.
3. Патент РФ № 2009128003, 20.07.2009. Лапшин В.В., Замышляева В.В., Смирнова Н.А., Бойко С.В. Способ определения эксплуатационных свойств текстильных материалов после изгиба // Патент России № 2410688. 2011. Бюл. № 3.

#### References:

1. Lapshin, V.V. Determination of dynamic errors of automated control devices for textile materials quality // Vestnik Kostroma State Technological University – Kostroma: KSTU, 2013. – № 1. – P. 29–31.

2. RF Patent № 2009127130, 14.07.2009. Zamyshlyeva V.V., Smirnova N.A., Lapshin V.V., Kozlovskiy D.A., Hohlova E.E. A method for determining the relaxation properties of materials under bending // Russian Patent № 2422822. 2011. Bul. №18.

3. RF Patent 2009128003, 20.07.2009. Lapshin V.V., Zamyshlyeva V.V., Smirnova N.A., Boyko S.V. A method for determining the operational properties of textile materials after the bending // Russian Patent № 2410688. 2011. Bul. №3.

#### Сведения об авторах:

Смирнова Надежда Анатольевна – доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВПО «Костромской государственной технологической университет»; 156005, г. Кострома, ул. Дзержинского, 17, Россия; Рабочий телефон (4942) 31-15-03, мобильный телефон 910-958-3259; Электронный адрес: [Nadejda.Smirnova@rambler.ru](mailto:Nadejda.Smirnova@rambler.ru)

Замышляева Вероника Владимировна – кандидат технических наук, докторант, ФГБОУ ВПО «Костромской государственной технологической университет»; 156005, г. Кострома, ул. Дзержинского, 17, Россия; Рабочий телефон (4942) 31-15-03, мобильный телефон 915-900-2869; Электронный адрес: [vverrona@yandex.ru](mailto:vverrona@yandex.ru)

Лапшин Валерий Васильевич – кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВПО «Костромской государственной технологической университет»; 156005, г. Кострома, ул. Дзержинского, 17, Россия; Рабочий телефон (4942) 31-75-60, мобильный телефон 910-951-5351; Электронный адрес: [vlv1000@mail.ru](mailto:vlv1000@mail.ru)

SmirnovaNadezhdaAnatolyevna– Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of Department of Technology and Materials Science Garment Production; FSBEI HPE "Kostroma State Technological University"; 17, Dzerzhinsky St., Kostroma, Russia,156005;Tel.: (4942) 31-15-03, Mobile: 910-958-3259; E-mail: [Nadejda.Smirnova@rambler.ru](mailto:Nadejda.Smirnova@rambler.ru)

ZamyshlyevaVeronikaVladimirovna– Candidate of Technical Sciences, past-graduate for the doctor degree of the Department of Technology and Materials Science Garment Production; FSBEI HPE "Kostroma State Technological University"; 17, Dzerzhinsky St., Kostroma, Russia,156005;Tel.: (4942) 31-15-03, Mobile: 915-900-2869; E-mail: [vverrona@yandex.ru](mailto:vverrona@yandex.ru)

LapshinValery Vasilyevich– Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor, Deputy Head of the Department of Department of Automatics and Microprocessor Techniques; FSBEI HPE "Kostroma State Technological University"; 17, Dzerzhinsky St., Kostroma, Russia,156005;Tel.: (4942) 31-75-60, Mobile:910-951-5351; E-mail: [vlv1000@mail.ru](mailto:vlv1000@mail.ru)

УДК 677.4.021.127

## **ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ РАБОТЫ ЭКСТРУДЕРА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПОЛИПРОПИЛЕНОВЫХ ПЛОСКИХ НИТЕЙ**

Меркулова Т.А.

Текстильный институт Ивановского государственного политехнического университета  
[merkta@mail.ru](mailto:merkta@mail.ru)

Проведены исследования работы ниточного экструдера марки SJMS-Z150-A. Исследовалось влияние вытяжки в зоне ориентации, температуры печи, добавок CaCO<sub>3</sub> на физико-механические показатели

нити, такие как линейная плотность и прочность нити, коэффициенты вариации по линейной плотности и прочности, а также на удлинение нити. В результате исследований были определены желательные параметры работы экструдера. Предложена технология производства нити, позволяющая без дополнительных затрат и значительных отклонений от существующих технологических проводок улучшить качество вырабатываемых нитей и увеличить производительность труда и оборудования.

Ключевые слова: ПОЛИПРОПИЛЕНОВЫЕ ПЛОСКИЕ НИТИ, ЭКСТРУДЕР, ВЫТЯЖКА В ЗОНЕ ОРИЕНТАЦИИ, ТЕМПЕРАТУРА ОРИЕНТАЦИИ, ЛИНЕЙНАЯ ПЛОТНОСТЬ НИТИ, ПРОЧНОСТЬ НИТИ, КОЭФФИЦИЕНТ ВАРИАЦИИ ПО ЛИНЕЙНОЙ ПЛОТНОСТИ, КОЭФФИЦИЕНТ ВАРИАЦИИ ПО ПРОЧНОСТИ, УДЛИНЕНИЕ, ДОБАВКИ.

## OPTIMIZATION OF TECHNOLOGY FOR THE EXTRUDER AT MANUFACTURING OF THE POLYPROPYLENE FLAT THREADS

Merkulova T.A.

Textile institute of the Ivanovo state polytechnic university

[merkta@mail.ru](mailto:merkta@mail.ru)

The following researches were carried out in the running conditions of polypropylene extruder SJMS-Z150. The influence of draft and temperatures in the zone of orientation, CaCO<sub>3</sub> additives on physical-mechanical properties of the manufactured threads were examined. Such values as linear density and breaking tenacity of the thread, variation factors on linear density and tenacity, and also thread elongation were investigated. The desirable working conditions for the extruder were defined in the result of the researches. The suggested technology for thread manufacturing allows improving quality of threads without additional expenses and considerable deviations from existing technological operation and to increase labor productivity and production rate of the equipment.

Keywords: POLYPROPYLENE FLAT THREADS, EXTRUDER, THE DRAFT IN THE ORIENTATION ZONE, ORIENTATION TEMPERATURE, LINEAR DENSITY OF THE THREAD, TENACITY OF THE THREAD, VARIATION FACTOR ON LINEAR DENSITY, VARIATION FACTOR ON TENACITY, ELONGATION, ADDITIVES.

Проект строительства комбината ПЭТФ в Ивановской области с годовой мощностью 180 тысяч тонн полиэфирного волокна вошел в Стратегию развития химического и нефтехимического комплекса на период до 2030 года, которая утверждена Министерством энергетики РФ совместно с Министерством промышленности и торговли. Проект, осуществляемый ОАО «КТК «Иврегионсинтез», также входит в Стратегию развития легкой промышленности России на период до 2020 года и в Государственную программу Российской Федерации «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности».

Полипропиленовые волокна и нити обладают целым комплексом полезных свойств – высокой прочностью, достаточно высоким удлинением, устойчивы к действию растворителей, щелочей, кислот. Полипропиленовые нити применяют для обивочных, драпировочных, плащевых, зонтичных тканей. Отдельные нити применяют для производства искусственного меха, трикотажных и чулочно-носочных изделий, гардинных и фильтровальных полотен, прочных и лёгких канатов, рыболовных сетей. Упаковка из полипропилена – бурно развивающийся сегмент сегодняшнего рынка.

Целью настоящей работы явилось исследование работы оборудования для получения плоских полипропиленовых нитей. Выработка нитей производилась на агрегате, состоящем из загрузочного бункера, шнека, плоскощелевой головки, ванны охлаждения, приёмных и натяжных валов, печи ориентации, вытяжных и выпускных валов стабилизации, шпулярика.

В качестве факторов варьирования при эксперименте были взяты:  $X_1$  - вытяжка в зоне ориентации,  $X_2$  - температуры печи,  $X_3$  - процент меловой добавки. Параметрами оптимизации являлись:  $Y_1$  - линейная плотность нити, текс;  $Y_2$  - прочность нити, кгс;  $Y_3$  - коэффициент вариации по линейной плотности;  $Y_4$  - коэффициент вариации по разрывной нагрузке

Вытяжка в зоне ориентации изменялась за счёт скорости вытяжных валов в пределах 6,54- 8,16 при неизменных режимах работы других узлов. При этом зависимость линейной плотности и прочности нити от вытяжки можно проследить на рисунках 1 и 2.

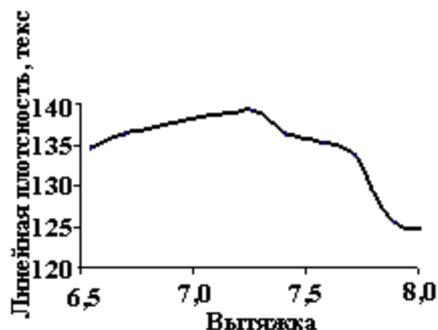


Рис. 1 Зависимость линейной плотности нити от вытяжки в зоне ориентации

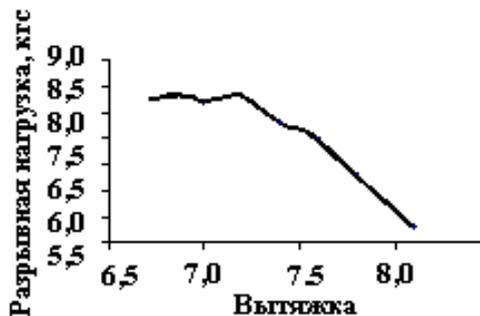


Рис. 2 Зависимость разрывной нагрузки от вытяжки

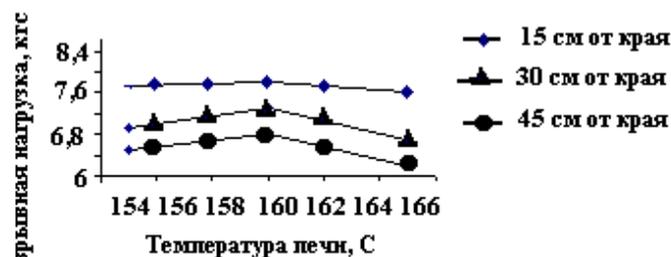


Рис. 3 Зависимость разрывной нагрузки от температуры термокамеры

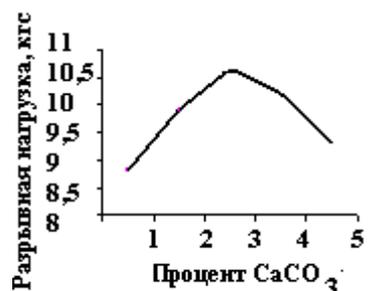


Рис. 4 Влияние CaCO<sub>3</sub> на прочность нити

Полученные после разрезания нити не прочны и очень эластичны. Упрочение нити проводили с помощью одноосной ориентации с использованием нагрева до высокоэластичного состояния. Обычно для нагрева применяются специальные термические камеры или печи. Сущность работы таких печей заключается в том, что им необходимо нагреть нить во время её движения через печь с довольно высокой скоростью. Исследование влияния температур проводилось при неизменных скоростных и других режимах работы агрегата. На рисунке 3 видно, что температура печи по-разному влияет на прочность нитей, занимающих разное положение в термической камере.

Введение модификаторов позволяет улучшить изделие из нитей. Меловая добавка влияет не только на цвет, но и на структурные характеристики нити. Добавки обеспечивают непрозрачность нитей и регулируют технологичность. В рамках данного исследования проводился анализ влияния процента вложения мела на прочностные характеристики нитей. На рисунке 4 можно отметить, что ввод добавок влияет на термическую стабильность и прочность нитей.

При анализе результатов экспериментов были получены уравнения регрессии и определены оптимальные параметры вытяжки, предел текучести раствора, желаемая температура ориентации и процентное вложение CaCO<sub>3</sub>.

Реализация данной технологии позволяет без дополнительных затрат повысить качество вырабатываемых полипропиленовых нитей, уменьшить коэффициент вариации по линейной плотности и разрывной нагрузке нитей, улучшить производительность труда и оборудования.

Список литературы.

1. Официальный сайт правительства Ивановской области <http://www.ivanovoobl.ru/>

Закон Ивановской области от 11 марта 2010 года «О стратегии социально-экономического развития Ивановской области до 2020 года»

2. Г.М Данилова-Волковская. Технология процесса производства тканой полимерной упаковки// Химическая технология сегодня. – 2005, -№3 С. 57 – 61.

3. Гладилин М.П. Совершенствование процессов ориентации материалов из полиолефинов: Дисс. канд. хим. наук. –М., 1982.-202с

#### References.

1. Official site of the Ivanovo area government <http://www.ivanovoobl.ru/>

The law of the Ivanovo area from March, 11th, 2010 «About strategy of social and economic development of the Ivanovo area till 2020»

2. G.M Danilova-Volkovskaja. Technology in manufacturing process of the woven polymeric packing //Chemical technology today. – 2005, - №3 p. 28 – 42.

3. Gladilin M.P. The development of processes for orientation of polyolephine materials: Paper. Cand.Chem.Sci. M., 1982.-202p

Меркулова Татьяна Алексеевна, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии текстильных изделий Текстильного института Ивановского государственного политехнического университета, Черниковых ул., д.31, кв. 118. 153012, Иваново, Россия +7(4932) 425802, +7 (909) 249 77 09 [merkta@mail.ru](mailto:merkta@mail.ru)

---

\* Работа выполнена в рамках студенческой дипломной работы для совершенствования технологического процесса без дополнительного финансирования со стороны Министерства образования и науки Российской Федерации.

УДК 677.11.

## **ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОВРЕЖДАЕМОСТИ НИТИ НА ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ АРМИРУЮЩЕГО ТРИКОТАЖА**

Сарыбаева Э.Е., Башкова Г.В., Байжанова С.Б.

Таразский инновационно-гуманитарный университет

Текстильный институт ИВГПУ

Южно-Казахстанский государственный университет

E-mail: [elvira-ermek-@mail.ru](mailto:elvira-ermek-@mail.ru), [milena55@yandex.ru](mailto:milena55@yandex.ru)

Основной целью исследований, описываемых в данной статье, являлось выяснение степени повреждаемости нити в процессе вязания. Авторами рассматривается расчетный способ определения параметров долговечности пряжи. Все результаты расчетов, проводимых при обработке данного эксперимента, получены на основании степени аппроксимации.

Закон нагружения нити при формировании петли и свойства нитей таковы, что при заданных скоростных режимах работы оборудования функция повреждаемости, определяющая накопленные в нити повреждения при ее нагрузке, значительно меньше единицы ( $\omega(t) > 1$ ).

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ПОВРЕЖДАЕМОСТЬ НИТИ, ДОЛГОВЕЧНОСТЬ, АРМИРУЮЩИЙ ТРИКОТАЖ.

## THE INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL DAMAGEABILITY YARN ON STRENGTH PROPERTY AND DURABILITY REINFORCING KNITTED FABRICS

Sarybaeva E.E., Bashkova G.V., Bayzhanova S.B.  
Tarazskiy Innovative-Humanitarian University, Taraz, Kazakhstan  
Ivanovo State Polytechnic University, Ivanovo, Russia  
South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan  
E-mail: elvira-ermek-@mail.ru, [milena55@yandex.ru](mailto:milena55@yandex.ru)

The main aim of the research described in this paper was to determine the degree of yarn damage in the knitting process. The authors consider the calculation method of determining the parameters of durability yarn. All the results of calculations carried out in the processing of the experiment and based on the degree of approximation.

Law loading thread when forming loops and properties of the filaments are such that, given the heavy-duty equipment function of damage, determined by the accumulation of damage in the thread when it loads much less than unity ( $\omega(t) > 1$ ).

**KEY WORDS: DAMAGEABILITY YARN, DURABILITY, REINFORCING KNITTED FABRICS.**

В волокнистых полимерных композитах армирующие текстильные структуры, в данном случае трикотажное полотно, воспринимает механические нагрузки, определяя свойства изделия – прочность, деформируемость, жесткость. Прочность также определяется и свойствами волокнистого материала.

Трикотажное полотно вырабатывалось из пряжи одинаковой линейной плотности в 31х2 текс трех видов: хлопчатобумажной, полушерстяной и из ПАН волокон. Определены средние сечения указанных видов пряжи, а также другие характеристики, необходимые для проведения испытаний сведенные в табл.1 [1].

Таблица 1 – Средние сечения различных видов пряжи

№	Исходные данные	Номер образца		
		I хлопчатобум.	II п/ш	III ПАН
1.	Площадь поперечного сечения, мм <sup>2</sup>	0,0408	0,0452	0,0498
2.	Максимальная величина разрывной нагрузки, Н	7,9	6,8	9,1
3.	Максимальное удлинение, %	6,5	20	24
4.	Предварительная нагрузка, Н	0,05	0,05	0,05
5.	Зажимная длина, мм	500	500	500

Зависимость между разрывной нагрузкой и удлинением при  $l=500$  мм,  $P_0=0,05$  Н приведена на рис.1.

При проведении испытаний скорость нагружения варьировалась для каждого образца и имела значения 10, 20, 30, 40, 50 П/мм<sup>2</sup>.с. На каждом уровне проводилось 20 повторных испытаний [2].

Относительная ошибка среднего определялась по формуле:

$$E\{\bar{Y}\} = \frac{u\{P_0\} \cdot S\{Y\}}{\bar{Y} \cdot \sqrt{m}} \cdot 100\% , \quad (1)$$

где  $S\{Y\}$  – среднеквадратическое отклонение случайной величины  $Y$ ;

$U\{p\}$  – квантиль (абсцисса), нормального распределения случайной величины  $U$ , определенная при доверительной вероятности  $P_D = 0,954$ ,

$$U\{P_D = 0,954\} = 2,$$

$\bar{Y}$  – среднее значение величины  $Y$ ;

$m$  – объем выборки (в данном случае 20).

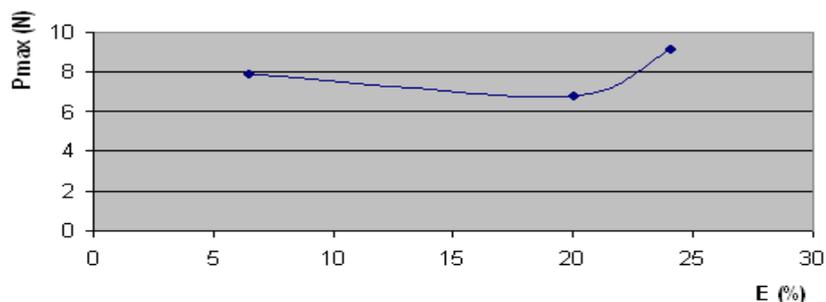


Рис.1 – Зависимость между разрывной нагрузкой и удлинением при  $l=500$  мм,  $P_0=0,05$ Н

Расчеты по формуле (1) для всех образцов на всех уровнях скорости нагружения показали, что относительная ошибка при определении времени жизни образца колеблется в пределах 3-5%, что при объеме выборки  $m = 20$  (на каждом из уровней) говорит о хорошей воспроизводимости полученных результатов. Соответствующие значения параметров долговечности приведены в табл.2.

Таблица 2 – Параметры долговечности образцов

Номер образца	$B$	$b$
I (х/б)	$3,8143 \cdot 10^{32}$	15,16981
II (п/ш)	$9,16876 \cdot 10^{12}$	6,83503
III (ПАН)	$1,43847 \cdot 10^{33}$	15,809138

На рис. 2-4 графически представлены экспериментальные данные для расчета [3].

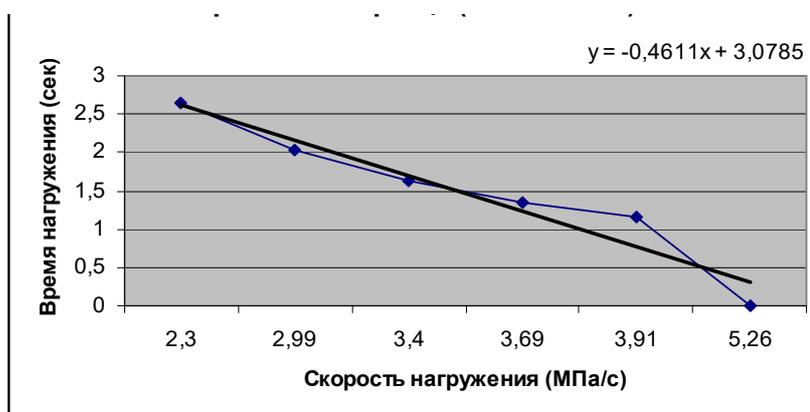


Рис.2 – График зависимости нагружения нити во времени I образца

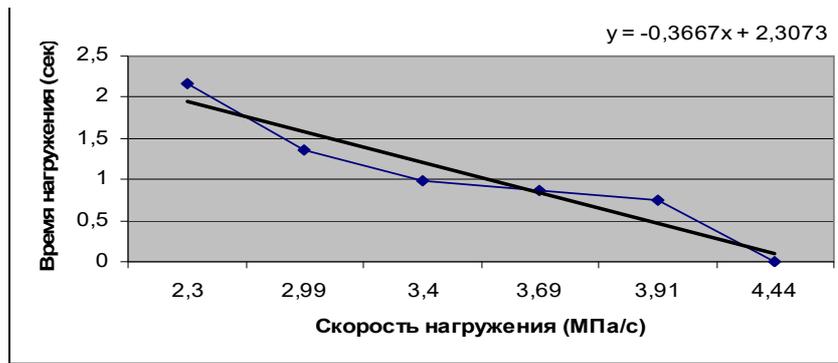


Рис.3 – График зависимости нагружения нити во времени II образца

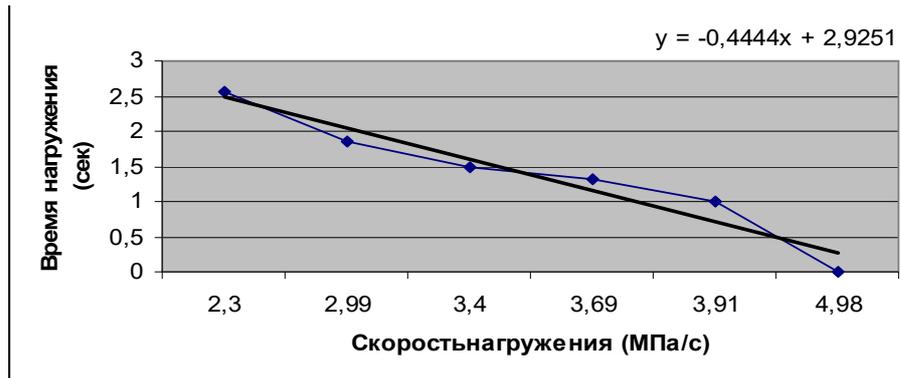


Рис.4 – График зависимости нагружения нити во времени III образца

Дальнейшая обработка сводится к автоматическому считыванию введенных ординат на каждом уровне и интегрированию методом трапеций выражения, полученного при подстановке в него степенного закона нагружения.

$$\varpi(t) = \int_0^t \frac{dt}{B \cdot [\sigma(t)]^{-\epsilon}} \quad (2)$$

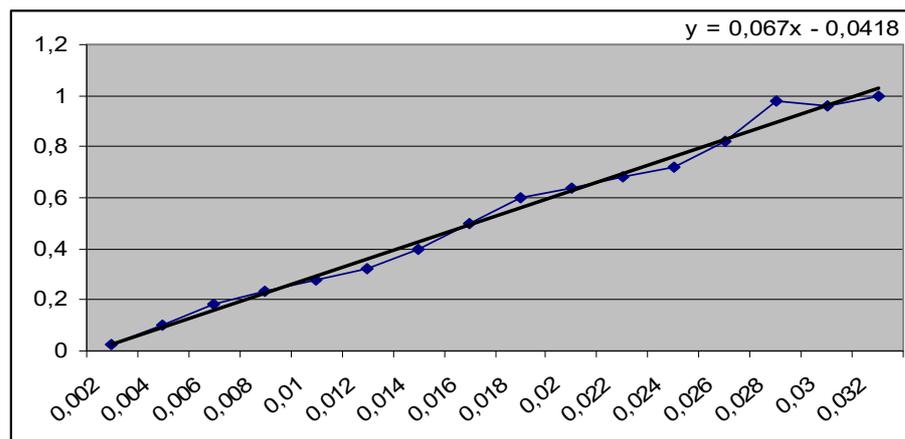


Рис.5 – Кусочно-линейная аппроксимация закона нагружения нити

На рис.5 показаны график закона нагружения нити в процессе петлеобразования (сплошная линия) и аппроксимирующая его ломаная, как видно из рисунка, уже при 16 интервалах достаточно точно описывает реальную кривую.

Анализ полученных результатов показывает, что нити всех рассмотренных видов имеют максимальное значение функции повреждаемости, мало отличающееся от 0. Это свидетельствует о том, что при выбранных режимах работы вязального оборудования нить

практически не повреждается. Поэтому имеется значительный резерв повышения натяжения нити в процессе петлеобразования, который может быть использован при увеличении длины петли или увеличении скорости вязания, т.е. производительности. Теоретические и экспериментальные исследования показывают, что образцы хорошо себя ведут при переработке со значением  $\omega(t)$  до 0,06, при этом не отмечается каких-либо отклонений от нормы в готовом полотне.

Список литературы

1. Башков, А.П., Байжанова, С.Б., Башкова, Г.В., Сарыбаева, Э.Е., (2013) Моделирование механических свойств интерлочного трикотажа// Изв. вузов. Технол. текст. пром-сти, № 2, С. 153-156.

2. Шустов, Е.Ю., Кудрявин, Л.А., Шустов, Ю.С., (2004) Прогнозирование прочности трикотажного полотна//Изв. вузов. Технол. текст. пром-сти, № 2, С. 112-113.

3. Мукимов, М.М., Ханхаджаева, Н.Р., Сарыбаева, Э.Е., Байжанова, С.Б., (2010) Исследования натяжения нити в процессе петлеобразования //Инновационные технологии товаров народного потребления, качество и безопасность: сб. междуна. науч.-практ. конф., Алматы, С.216-218.

#### References

1. Bashkov, A.P., Bayzhanova, S.B., Bashkova, G.V., Sarybaeva, E.E., 2013, The Interlock Fabric Mechanical Simulation, Izvestiya of the Universities. Technology of the Textile Industry, 2, PP. 153-156.
2. Shustov, E.Yu., Kudryavin, L.A., Shustov, Yu.,S., 2004, Predicting of Knitted Fabric Strength, Izvestiya of the Universities. Technology of the Textile Industry, 2, PP. 112-113.
3. Mukimov, M.M., Hanhadzhaeva, N.R., Sarybaeva, E.E., Bayzhanova, S.B., 2010, Research thread tension during looping, Proceeding of International conference: Innovative technology consumer goods, quality and safety, Almaty, PP.216-218.

Сарыбаева Эльвира Ермековна, аспирант, ассистент, Таразский инновационно-гуманитарный университет, Республика Казахстан, 080000, г. Тараз, ул. Желтоксан, 69Б, тел. раб.: 8(7262) 50-13-55, моб.: 87009622795, [elvira-ermek-@mail.ru](mailto:elvira-ermek-@mail.ru)

Башкова Галина Всеволодовна, д. т.н., профессор, Текстильный институт ИВГПУ, Россия, г. Иваново, Шереметевский пр., 21, тел. раб.: (4932) 93-78-04, моб.: 89038891900, [milena55@yandex.ru](mailto:milena55@yandex.ru)

Байжанова Сулушаш Балабиевна, к.т.н., доцент, Южно-Казахстанский государственный университет

160012, г. Шымкент, проспект Тауке хана, 5, тел. Раб.: (7252) 53-50-48, моб.: 87758013003

Sarybaeva Elvira Ermekovna, postgraduate student, lecturer, Tarazskiy Innovative-Humanities University, Republic Kazakhstan, 080000, Taraz, str. Zheltoksan, 69B, off.phone: 8(7262) 50-13-55, cell.: 87009622795, [elvira-ermek-@mail.ru](mailto:elvira-ermek-@mail.ru)

Bashkova Galina Vsevolodovna, D.E., Full Professor, Textile Institute IVGPU, Russia, Ivanovo, Sheremetevskiy ave., 21, off.phone: (4932) 32-85-45, cell.: 89038891900, [milena55@yandex.ru](mailto:milena55@yandex.ru)

Bayzhanova Sulushash Balabievna, C.Sc, associate professor, South Kazakhstan State University 160012, Shymkent, ave. Tauke Khan, 5, off.phone.: (7252) 53-50-48, cell.: 87758013003

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗВРЕДНЫХ ТРИКОТАЖНЫХ ГЕОПОЛОТЕН С УЧЕТОМ ИХ КАПИЛЛЯРНЫХ СВОЙСТВ**

Башков А.П., Башкова Г.В., Соколова С.В.

Текстильный институт Ивановского государственного политехнического университета  
[apb303@yandex.ru](mailto:apb303@yandex.ru), [milena55@yandex.ru](mailto:milena55@yandex.ru), [sv.sokolova29@mail.ru](mailto:sv.sokolova29@mail.ru)

В статье рассматриваются вопросы, связанные с определением объемов влаги, фильтрующейся через слой грунта, укрепленного льняным трикотажным полотном сетчатой структуры, приводится методика расчета соотношения массы грунта и текстильной волокнистой составляющей, что позволяет оптимизировать структуру геокомпозита. Для решения этой задачи рассматриваются капиллярные свойства обеих составляющих геокомпозита; грунта и трикотажа, с учетом влияния внешних силовых нагрузок. Расчеты показывают, что использование трикотажного полотна из льняной пряжи поверхностной плотностью 351 г/м<sup>2</sup> и толщиной 5,8 мм, заглубленного в почву на 25 мм позволяет дренировать переувлажненный песчаный грунт и предохранять склоны ландшафтных сооружений от водной эрозии.

Ключевые слова: ГЕОКОМПОЗИТ, ЛЬНЯНЫЕ ТРИКОТАЖНЫЕ ГЕОПОЛОТНА, ФИЛЬТРАЦИЯ ВЛАГИ, ДРЕНИРОВАНИЕ СЛОЯ ГРУНТА, ОПТИМИЗАЦИЯ СТРУКТУРЫ ГЕОКОМПОЗИТА.

## **ECO-FRIENDLY KNITTING GEOTEXTILES DESIGN CONSIDERING THEIR CAPILLARY PROPERTIES**

Bashkov A.P., Bashkova G.V., Sokolova S.V.

Ivanovo State Polytechnic University, Textile Institute  
[apb303@yandex.ru](mailto:apb303@yandex.ru), [milena55@yandex.ru](mailto:milena55@yandex.ru), [sv.sokolova29@mail.ru](mailto:sv.sokolova29@mail.ru)

The article discusses issues related to the definition of the water volume filtering through a layer of soil flax knitted fabric reinforced mesh structure, the technique of calculating the ratio of the soil mass and the textile fiber content to optimize the structure of the geocomposites. Capillary properties of both comprising geotextiles composite are examined for the solution of this problem; soil and knitted fabrics taking into account the influence of external power loads. Calculations show that the use of a knitted fabric from flax yarn by a surface density of 351 g/m<sup>2</sup> and by a thickness of 5,8 mm, sunk into the soil on 25 mm makes it possible to drain the water-logged sandy soil and to protect the landscaped slopes protect structures against water erosion.

Key-words: GEOCOMPOSITES, FLAX WARP-KNITTED GEOTEXTILES, WATER FILTRATION, DRAINAGE OF THE SOIL LAYER, OPTIMIZE THE STRUCTURE OF GEOCOMPOSITES.

Геоматериалы используются давно, но только в последнее время специалисты обратили внимание на такую область их применения, как ландшафтный дизайн при устройстве парков, пляжей, спортплощадок, защита от поверхностной эрозии почв на склонах. Для этих целей, в основном, применяются геосетки, получаемые из перфорированных синтетических полимеров. Геосинтетики обладают хорошими механическими свойствами, однако, после образования дернового слоя и естественного укрепления почвы остаются в ней практически навсегда, являясь помехой для локальной экосистемы. В последнее десятилетие активизировались разработки геотекстильных полотен из натуральных волокон, которые безопасны для окружающей среды и со временем подвергаются полному биоразложению. Их биоостатки способствуют росту растений, что необходимо для полного закрепления грунта. Льносодержащая пряжа, применяемая для таких полотен, обладает достаточно хорошими механическими свойствами, которые практически не ухудшаются в мокром состоянии и надежным сцеплением с частицами грунта. Кроме этого, хорошая гигроскопичность обеспечивает своеобразный дренаж переувлажненной почвы [1]. Очень часто геоматериалы, армирующие грунт, т.е. геокомпозиты, работают в условиях переувлажнения. Важно, чтобы при переувлажнении прочность армирующей составляющей не снижалась, и влагообмен между грунтом и

текстильным материалом был максимально активен, при этом влагопроницаемость геоматериала должна соответствовать влагонасыщенности грунта. При решении подобной задачи необходимо рассматривать капиллярные свойства обеих составляющих геокомпозита, с учетом влияния внешних силовых нагрузок.

Процесс фильтрации влаги через двухкомпонентный пористый слой можно описать с использованием закономерностей течения через капилляр. Деформируемый волокнистый слой трикотажной структуры и слой грунта можно считать состоящими из несжимаемой массы  $m$  (единичное волокно и частица грунта практически таковыми и являются), занимающей объем  $V$ , и капилляров, объем которых  $V_1 = \pi r^2 l \cdot n$ , где  $n$  – число капилляров.

После интегрирования дифференциального уравнения Гагена-Пуазейля течения через капилляр [2, 3]:

$$dP = -8\mu Q \pi^{-1} r^{-4}(x) dx \quad (1)$$

с учетом сжимающего усилия, изменяющего пористость материала

$$\gamma = \gamma_m \{1 + \beta [1 - \exp(\alpha F)]\} / (1 + \beta), \quad (2)$$

можно получить давление жидкости при фильтрации на глубине  $x$

$$P = 0,5\alpha^{-1} \ln \left( 1 - \frac{x}{x_m} \right) \quad (3)$$

и толщину характерного слоя  $x_m$

$$x_m = \frac{\bar{\pi}^{-4} n}{16\mu\alpha Q}, \quad (4)$$

где  $r$  – радиус капилляра;  $Q$  – расход жидкости через капилляр;  $\mu$  – коэффициент динамической вязкости жидкости;  $\bar{r}$  и  $\bar{\gamma}$  – средний радиус капилляров и средняя плотность фильтрующего слоя соответственно при нулевом расходе жидкости  $\bar{\gamma} = m / (V + V_1)$ ;  $\gamma_m$  – предельная плотность пористого слоя при очень сильном сжатии;  $\alpha > 0$  и  $\beta > 0$  – константы, определяющие механические свойства фильтрующего материала, которые находятся путем испытаний.

Соответственно можно записать, что плотность фильтрующего слоя и радиус капилляров на глубине  $x$  будет

$$\gamma = \gamma_m \frac{1 + \beta (1 - \sqrt{1 - x/x_m})}{1 + \beta}, \quad (5)$$

$$r^2 = \bar{r}^2 \sqrt{1 - x/x_m}. \quad (6)$$

Толщину составляющих фильтрующего слоя с учетом сжатия от гидравлического давления можно определить из выражения:

$$l = Z x_m, \quad (7)$$

где  $Z$  удовлетворяет трансцендентному уравнению, решаемому численными методами:

$$Z_0 = (1 + \beta)Z + \frac{2}{3}\beta \left[ (1 - Z)^{\frac{3}{2}} - 1 \right], \quad (8)$$

в котором  $Z_0 = l_0/x_m$ ,  $l_0$  – толщина слоя при отсутствии давления жидкости.

Тогда расход жидкости через деформируемую массу слоя может определяться из выражения

$$Q = \frac{\bar{\pi}^4 n}{16\mu\alpha l_0} \left\{ (1 + \beta)[1 - \exp(-2\alpha\Delta P)] - \frac{2}{3}\beta[1 - \exp(-3\alpha\Delta P)] \right\}, \quad (9)$$

а толщину слоя можно вычислить из соотношения

$$\frac{l_0}{l} = 1 + \beta - \frac{2}{3}\beta \frac{1 - \exp(-3\alpha\Delta P)}{1 - \exp(-2\alpha\Delta P)}. \quad (10)$$

Слой грунта, армированный трикотажным полотном, достаточно тонок, и его деформация в абсолютных величинах незначительна, поэтому параметры  $\alpha$  и  $\beta$  можно считать очень близкими по значению к 1. Тогда

$$Q_0 = \frac{\bar{\pi}^4 n}{16\mu\alpha l_0} \Delta P. \quad (11)$$

Если известен коэффициент пористости  $\varepsilon$  и в нашем случае  $l=l_0$ , то можно записать

$$n = \frac{V_0 \varepsilon}{\bar{\pi}^2 l} = \frac{S_0 \varepsilon}{\bar{\pi}^2}, \quad (12)$$

где  $V_0$  и  $S_0$  – общий объем и площадь, соответственно, анализируемого участка грунта, армированного геополотном.

Тогда:

$$Q_0 = \frac{\bar{r}^2 S_0 \varepsilon}{16\mu l} \Delta P. \quad (13)$$

Частицы грунта насыщаются влагой более активно, чем волокнистая составляющая. При полном насыщении влагой несущая способность песчаного грунта снижается на 40% [4]. Это ослабляет его верхний слой, и на склонах начинается сдвиг пластов, т.е. происходит процесс водной эрозии. Затем грунт передает свою влагу волокнистой составляющей. Чем больше ее гигроскопичность, тем быстрее осушается грунт и маловероятным будет его перемещение. Определение минимально необходимого дренажа влаги позволит найти оптимальное соотношение массы грунта и волокнистой составляющей в верхнем слое. Коэффициент пористости  $\varepsilon$  пылеватого песка 0,39, средний размер частицы, а соответственно и поры 0,25 мм, плотность частицы 2,66 т/м<sup>3</sup>, плотность грунта 1,62 т/м<sup>3</sup>. При толщине слоя 25 мм разность давления  $\Delta P$  в капиллярах составит 0,25 Па, коэффициент динамической вязкости воды при 10°C будет равен 1,308×10<sup>-3</sup> Па·с. Подставляя эти значения в формулу (13), получим расход жидкости 1,16×10<sup>-3</sup> м<sup>3</sup>/с. Для успешного дренирования такой же расход необходимо поддерживать в текстильной составляющей, в первую очередь, за счет высокой влагоёмкости лубяных волокон. При этом решается обратная задача: по заданному расходу определяется необходимая масса волокнистой составляющей геокомпозита.

Площадь контакта текстильного полотна с частицами грунта за счет его структурных свойств значительно больше, чем площадь участка, а соответственно больше и число капилляров. Исследуемый образец полотна [1] был получен из льняной пряжи Т=63,4 текс, диаметром 0,48 мм, поверхностной плотностью 351 г/м<sup>2</sup>, толщиной 5,8 мм. При этих параметрах площадь внешней поверхности нитей составит 4,17 м<sup>2</sup>. Средний размер капилляров примерно соответствует средней толщине волокна (без учета капиллярности самого волокна) и составляет 15 мкм. Плотность химически чистой монолитной целлюлозы

1500 кг/м<sup>3</sup>. Фильтрация происходит через тело пряжи, поэтому необходимо учитывать ее пористость. Объемный вес пряжи, из которой сформировано полотно, 350 кг/м<sup>3</sup>, коэффициент пористости пряжи 0,77. При этих значениях расход жидкости при фильтрации составит  $1,49 \times 10^{-3}$  м<sup>3</sup>/с. Как видим, даже в первом приближении, расчет фильтрации показал, что полученное полотно способно защитить склон от размывания и переувлажнения.

#### Список литературы

1. Башкова Г.В., Башков А.П., Алешина Д.А., Соколова С.В. (2013) Проектирование основных свойств трикотажных геополотен //Изв. вузов. Технол. текст. пром-сти. – № 3. – С. 159–164.
2. Зарубин В.М., Балаев Э.Ф., Ясинский Ф.Н. (1991) К вопросу о фильтрации через деформируемую пористую среду // Изв. вузов. Технол. текст. пром-сти. – № 4. – С. 42–44.
3. Федоткин И.М., Воробьев Е.И., Вьюн В.И. (1986) Гидродинамическая теория фильтрования суспензий – Киев: Вища школа., –232 с.
4. Гольдштейн М.Н. (1979) Механические свойства грунтов – М.: Стройиздат – 252 с.

#### References

1. Bashkova, G.V., Bashkov, A.P., Alyeshina, D. A., Sokolova, S.V. (2013) The prediction of the warp-knitted geotextiles main properties // Bashkova, G.V., Bashkov, A.P., Aleshina, D.A., Sokolova, S.V., 2013. The Prediction of the Warp-knitted Geotextiles Main Properties, In «*Izvestiya Vuzov. Textile Technology*», № 3. PP. 159-164.
2. Zarubin, V.M., Balayev, E.F., Yasinsky, F.N. (1991) To a question of a filtration through the deformable porous environment // Bashkova, G.V., Bashkov, A.P., Aleshina, D.A., Sokolova, S.V., 2013. The Prediction of the Warp-knitted Geotextiles Main Properties, In «*Izvestiya Vuzov. Textile Technology*», № 4. PP. 42-44.
3. Fedotkin, I.M., Vorobyov, E.I., Vyyun, V. I. (1986) Hydrodynamic theory of filtering of suspensions. – Kiev: The higher school. – 232 p.
4. Goldstein, M.N. (1979) Mechanical properties of soil. – M.: Stroyizdat. – 252 p.

#### Сведения об авторах

1. Башков Александр Павлович; доктор техн. наук, доцент, профессор кафедры БЖД; Ивановский государственный политехнический университет; 153037, Шереметевский пр., 21, г. Иваново, Россия; 4 932 93 78 07, 8(961) 115-36-31, [apb303@yandex.ru](mailto:apb303@yandex.ru)
2. Башкова Галина Всеволодовна; доктор техн. наук, доцент, профессор кафедры МТТМ; Ивановский государственный политехнический университет; 153037, Шереметевский пр., 21, г. Иваново, Россия; 4 932 93 78 04, 8(903) 889-19-00; [milena55@yandex.ru](mailto:milena55@yandex.ru)
3. Соколова Светлана Валериевна; аспирант кафедры МТТМ; Ивановский государственный политехнический университет; 153037, ул. 8 Марта, д. 20, г. Иваново, Россия; 8(920) 679-65-70; [sv.sokolova29@mail.ru](mailto:sv.sokolova29@mail.ru)

#### Information about authors

1. Bashkov Alexander; DE, Full Professor, professor of health and safety department; Ivanovo State Polytechnic University; 153037, Sheremetyev ave., 21, Ivanovo, Russian Federation; 4932 93 78 07, 8(961) 115-36-31; [apb303@yandex.ru](mailto:apb303@yandex.ru)
2. Bashkova Galina; DE, Full Professor, professor of mechanical textile materials technology department; Ivanovo State Polytechnic University; 153037, Sheremetyev ave., 21, Ivanovo, Russian Federation; 4932 93 78 04, 8(903) 889-19-00; [milena55@yandex.ru](mailto:milena55@yandex.ru)
3. Sokolova Svetlana; Post-graduate student; Ivanovo State Polytechnic University; 153037, st. 8<sup>th</sup> March, 20, IVANOV, Russian Federation; 8(920) 679-65-70; [sv.sokolova29@mail.ru](mailto:sv.sokolova29@mail.ru)

# СИНТЕТИЧЕСКИЕ ПОЛИМЕРНЫЕ ВОЛОКНА С ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩИМИ НАПОЛНИТЕЛЯМИ И ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИТОВ С ИХ ПРИМЕНЕНИЕМ

А.Т.Пономаренко, В.Г.Шевченко

Институт синтетических полимерных материалов им. Н.С.Ениколопова РАН, Москва  
[anapon@ispm.ru](mailto:anapon@ispm.ru)

## *Введение*

Исследование влияния условий получения на электропроводность волокон наряду с научным интересом имеет и практическое значение - согласно расчетам, для применения в радиопоглощающих структурах необходимы волокна со средним уровнем проводимости - в пределах  $10^{-1} \div 10^1$  (Ом см)<sup>-1</sup> [1,2], тогда как выпускаются волокна либо с низкой проводимостью -  $\sim 10^{-8} \div 10^{-5}$  (Ом см)<sup>-1</sup> - антистатические, либо высокопроводящие -  $\sim 10^1 \div 10^3$  (Ом·см)<sup>-1</sup>. Существующие углеродные волокна с требуемой электропроводностью из-за низкой прочности меняют свои геометрические размеры при введении в полимерную матрицу и не могут использоваться для указанной цели. Задача этой работы - выяснить, как условия получения влияют на структуру и проводимость композитных волокон на основе фторопласта-42В, изучить возможности их регулирования и, используя конкретные наполнители, получить волокна требуемой проводимости.

Концентрационная зависимость электропроводности композитов имеет S-образный характер, что обусловлено возникновением при определенной концентрации, называемой порогом протекания, электропроводящих цепочек контактирующих частиц наполнителя.

Регулирование электропроводности возможно за счет изменения порога протекания и уровня предельной электропроводности (при концентрациях выше порога), т.е. за счет: собственной проводимости материала наполнителя; контактного сопротивления между частицами; размера и формы частиц; характера распределения наполнителя в матрице.

## **Материалы и методика исследований**

### **Наполнители**

В качестве функциональных наполнителей использовались порошки различной дисперсности и природы. Электропроводящие наполнители включали углеродные - сажа, графит, и металлический - карбонильный никель. Графит ЭУЗ-М - природный графит Завальевского месторождения, ГОСТ 10274-79, зольность не более 0,5 %, поверхность по БЭТ - 5 м<sup>2</sup>/г. Частицы имеют форму неправильных чешуек с отношением длины к толщине  $\sim 10$ . В работе использовались частицы размером  $< 40$  мкм. Печная сажа марок П268-Э и VULCAN XC-72 (фирма САВОТ) обладает плотностью 1,8 г/см<sup>3</sup>, средним размером частиц 30 нм. Порошок никелевый ГОСТ 9722-79 марка ПНК-1Л5 получается карбонильным способом, имеет плотность 8,85 г/см<sup>3</sup>, средний размер частиц 10 мкм, электропроводность  $\sim 10^4$  Ом<sup>-1</sup>·см<sup>-1</sup>. В качестве волокнообразующего полимера использовали фторопласт марки Ф-42В (ТУ 6-05-1781-84), представляющий собой сополимер тетрафторэтилена и винилиденфторида со средней молекулярной массой  $\bar{M}_w = 6,71 \cdot 10^5$ ,  $\bar{M}_n = 2,16 \cdot 10^5$ , имеющего  $\sim 12\%$  звеньев тетрафторэтилена.

### **Получение наполненных волокон**

Процесс получения наполненных волокон включает основные стадии: 1 - приготовление формовочной композиции; 2 - формование по мокрому способу; 3 - пластификационное и/или термоориентационное вытягивание; 4 - термофиксация; 5 - вальцевание при повышенной температуре.

## Результаты и обсуждение

Использование поверхностно-активных веществ, как известно, позволяет менять уровень взаимодействия поверхности наполнителя с полимером, а, следовательно, характер распределения наполнителя в матрице и регулировать тем самым порог протекания [3,4]. Одновременно возможно снижение проводимости при концентрациях наполнителя выше порога из-за адсорбции ПАВ на поверхности наполнителя и ухудшения контактов между частицами. Исследования, проведенные на пленках толщиной ~300 мкм показали, что  $\sigma$  композитов на основе фторопласта-42В с содержанием сажи 30 и 50 % об при добавлении поверхностно-активных веществ: феноксола ВС-15, выравнивателя А, смачивателя ОП-10 в количествах 0,5÷5 % от массы наполнителя изменяется всего лишь в 1,5÷2 раза - таблица 1:

Таблица 1. Электропроводность композитов на основе Ф-42В с сажей Вулкан ХС в присутствии поверхностно-активных веществ.

$V_f$	Марка ПАВ	$\sigma, \text{Ом}^{-1} \times \text{см}^{-1}$				
		при содержании ПАВ в % от массы сажи:				
		0	0,5	1,0	3,0	5,0
0,3	Феноксол ВС-15	2,43	3,37	3,14	3,87	5,0
0,5	Смачиватель ОП-10	4,27	3,96	7,03	-	3,56
0,5	Выравни-ватель А	4,27	-	5,69	-	-

По-видимому, увеличивая число электропроводящих цепочек при диспергировании во фторопласте крупных агрегатов сажи на более мелкие, исследованные ПАВ одновременно увеличивают контактное сопротивление между электропроводящими частицами наполнителя. Практическая независимость электропроводности от концентрации ПАВ свидетельствует о чрезвычайно высокой способности этой марки высокодисперсной печной сажи (Вулкан ХС) к образованию в композите электропроводящих структур.

Влияние дисперсности наполнителя проявляется в различном характере концентрационных зависимостей электропроводности волокон и пленок с графитом и с сажей на постоянном токе и на высокой частоте.

Различие на постоянном токе в уровнях проводимости и порогах протекания между волокнами и пленками с графитом объясняются тем, что из-за больших размеров частиц наполнителя (~40 мкм) волокно с графитом ЭУЗ-М представляет собой квазиодномерную систему с характерными для таких случаев низкой электропроводностью и высоким порогом протекания (~60 %). На высоких частотах уменьшается различие между электропроводностью волокон и пленок, т.к. носители зарядов становятся нечувствительными к неоднородностям структуры композита, размеры которых превышают их смещение за период поля.

Концентрационные зависимости электропроводности волокон и пленок с сажей практически совпадают. Порог протекания составляет ~20 % об., что близко к величине, полученной в рамках теории протекания для трехмерных перколяционных систем. Саженаполненные волокна и пленки можно считать композитами с трехмерной системой контактирующих частиц наполнителя. Низкий порог протекания позволяет в диапазоне  $V_f$  0,3÷0,55 получать волокна с требуемыми значениями электропроводности. Однако при этих концентрациях во фторлоне сажа агрегирует, волокна получаются хрупкими и разрушаются при введении в полимерную матрицу.

Электропроводность композитов на основе высокодисперсного изотропного графита с частицами 10÷15 мкм занимает промежуточное положение между  $\sigma$  систем с крупнодисперсным графитом и систем с сажей. Порог протекания в этом случае для волокон составляет более 50 % об., для пленок - менее 30 %, электропроводности волокон и пленок

различаются на порядок. Это свидетельствует о затруднении образования в волокнах с изотропным графитом трехмерных электропроводящих структур.

Увеличение фильерной вытяжки снижает электропроводность волокон, по-видимому из-за уменьшения силы контакта между частицами и разрыва части электропроводящих цепочек. Обработка графита в шаровой мельнице позволила, как показали исследования с помощью оптического микроскопа, измельчить графит до размеров частиц менее 4 мкм. В результате этого достигнута более полная реализация его электропроводности в волокне. Полученные волокна с трехмерным распределением графита в волокне обладают электропроводностью  $\sim(2\div 8)\cdot 10^{-1} \text{ Ом}^{-1} \text{ см}^{-1}$  и необходимой прочностью и могут использоваться в ПКМ радиотехнического назначения.

Исследование влияния вытяжки на электропроводность этих волокон усложнены их недостаточной для вытягивания прочностью, вызванной высоким порогом протекания и низкой адгезией волокнообразующего сополимера Ф-42В к углеродным наполнителям. Для придания волокнам более высокой прочности и электропроводности в качестве наполнителя был использован порошок карбонильного никеля с размерами  $\sim 10$  мкм, обладающий более высокой собственной проводимостью, более низким контактным сопротивлением и более высоким, чем сажа и графит уровнем взаимодействия поверхности к фторопласту-42В.

Концентрационные зависимости  $\sigma$  на постоянном токе пленок и волокон с никелем при различной кратности пластификационного вытягивания приведены на рис. 1. Эти композиты обладают низким порогом протекания - до 20÷30 %. Электропроводность неориентированных волокон и пленок различается, но не более, чем на порядок, что свидетельствует о наличии некоторых препятствий при образовании разветвленной трехмерной сетки контактирующих частиц наполнителя. Увеличение кратности вытягивания снижает  $\sigma$  волокон (кривая 3), по-видимому, из-за разрыва части контактов электропроводящей сетки наполнителя.

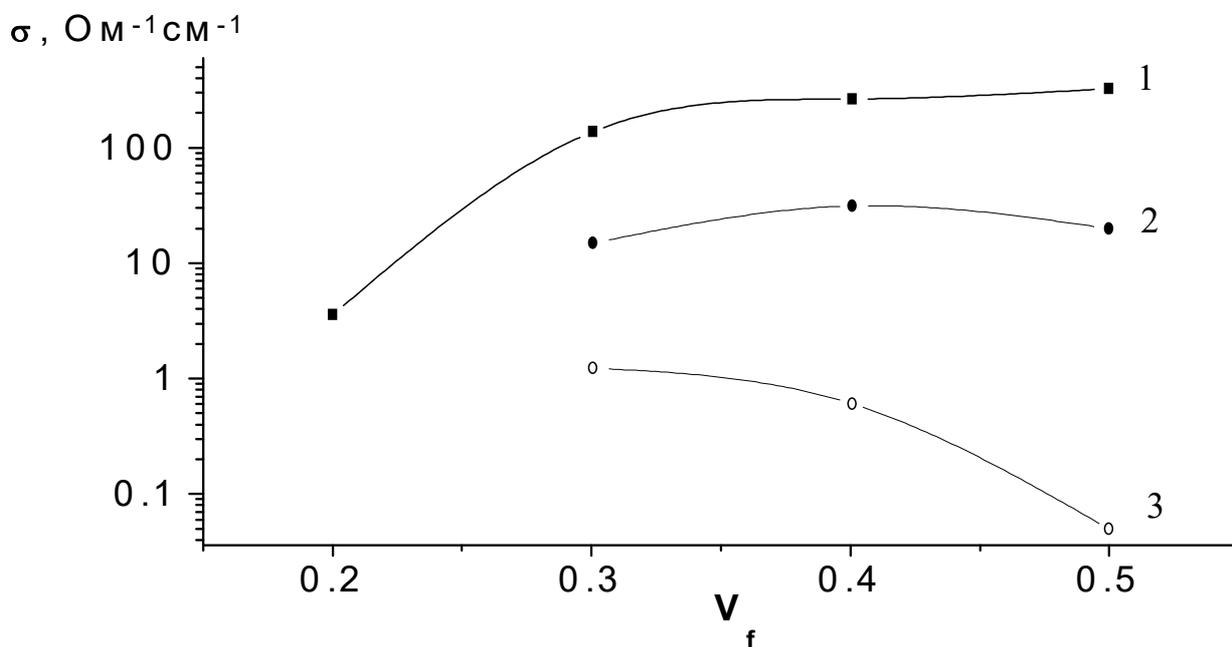


Рисунок 1. Концентрационные зависимости электропроводности на постоянном токе пленок на основе фторопласта-42В, содержащих порошок карбонильного никеля ПНК1-Л15 и волокон с разной кратностью вытягивания: 1 - пленка; 2 - волокно,  $\lambda=1$ ; 3 - волокно,  $\lambda=2,25$  (пластификационное вытягивание).

Электродинамические характеристики волокон и пленок с никелем в СВЧ-области таковы. На частоте  $f=6,6$  ГГц  $\sigma$  никельсодержащих композитов (пленок и волокон) на 1÷4

порядка ниже, чем на постоянном токе, причем у неориентированных волокон она имеет более высокие значения по сравнению с пленками. Возможно, это связано с малыми поперечными размерами волокон и изменением эффективного сечения высокопроводящих образцов в результате скин-эффекта.

Действительно, глубина проникновения электромагнитного поля в проводник рассчитывается по формуле [5]:

$$\Delta = 1 / \sqrt{\sigma \cdot \pi \cdot f \cdot \mu_0 \cdot \mu} = \frac{1}{2\pi \sqrt{\sigma \cdot f \cdot \mu} 10^{-7}}, \quad (4.1)$$

где  $\sigma$  - удельная электропроводность проводника;  $f$  - частота;  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$  Гн/м - магнитная постоянная;  $\mu$  - относительная магнитная проницаемость материала.

Для волокон  $\sigma = 35 \text{ Ом}^{-1}\text{см}^{-1} = 3500 \text{ Ом}^{-1}\text{м}^{-1}$ ,  $\mu = 10$ ; тогда на частоте  $f = 3,2 \cdot 10^9$  Гц  $\Delta = 15,04 \cdot 10^{-5}$  м. Т.е., на этой частоте при нормальном падении электромагнитное поле полностью проникает в волокно диаметром 300 мкм. Толщина исследуемых пленок была как раз 300-400 мкм, поэтому небольшие различия в электропроводности волокон и пленок вызваны, возможно, скин-эффектом. Для никеля  $\sigma = 1,63 \cdot 10^5 \text{ Ом}^{-1}\text{см}^{-1} (1,63 \cdot 10^7 \text{ Ом}^{-1}\text{м}^{-1})$ ,  $\mu = 35$ ; тогда скин-слой  $\Delta = 2,2 \cdot 10^{-6}$  м, т.е. в транспорте электронов при этой частоте поля участвует не весь объем частицы наполнителя диаметром  $\sim 10 \cdot 10^{-6}$  м. Следовательно, для создания композитных волокон с высокой проводимостью на высоких частотах необходимо использовать наполнитель с металлической проводимостью и размером частиц меньше скин-слоя.

Влиянием скин-эффекта, а также уменьшением размагничивающего фактора из-за выстраивания частиц никеля в цепочки, ориентированные вдоль волокна, объясняется обнаруженное у волокон возрастание магнитных потерь  $\mu''$  в 1,2÷2 раза по сравнению с пленками, в зависимости от кратности вытягивания и содержания наполнителя.

Следует подчеркнуть, что условия вытягивания оказывают на электропроводность волокон большое влияние. Электропроводность на постоянном токе никельсодержащих волокон ( $V_f = 0,6$ ), подвергнутых пластификационному вытягиванию в свежесформованном виде и термоориентационному вытягиванию в среде глицерина при  $T = 133 \div 134^\circ\text{C}$  ведет себя следующим образом. Электропроводности волокон одинакового состава (40% об. никеля) и кратности вытягивания ( $\lambda = 2,2$ ) отличаются, в зависимости от способа вытягивания, на 9 порядков. По-видимому, глицерин, используемый в качестве теплоносителя и пластифицирующего агента при термоориентационном вытягивании, адсорбируется на частицах наполнителя и препятствует образованию электропроводящей структуры в волокне. Кроме того, при термоориентационном вытягивании как известно, происходит более глубокая перестройка надмолекулярной структуры полимера, что должно оказывать влияние на распределение наполнителя в матрице и, следовательно, на электропроводность волокна.

Проведенные исследования позволили получить никельсодержащие волокна с варьируемой электропроводностью  $\sigma$  в диапазоне  $10^{-1} \div 3 \cdot 10^1 \text{ Ом}^{-1} \text{ см}^{-1}$  на постоянном токе и в диапазоне  $10^{-2} \div 10^0 \text{ Ом}^{-1} \text{ см}^{-1}$  на СВЧ. Прочность этих волокон (по оценочным данным  $10 \div 15$  МПа) позволяет подвергать их вытягиванию, добиваясь упрочнения, а также использовать в композитах в качестве наполнителей в исходном виде.

Таким образом, в результате исследования электропроводности волокон можно заключить: в волокнах вследствие анизотропии формы затруднено образование разветвленной сетки контактов электропроводящих частиц наполнителя. Повышение дисперсности наполнителя сопровождается увеличением, а повышение кратности вытягивания - уменьшением числа контактов. Это позволяет при наполнении выше порога протекания регулировать электропроводность в пределах 2÷3 порядков при получении ВПК варьированием кратности вытяжки, дисперсности и природы наполнителя.

Из дискретных электропроводящих волокон, полученных в ходе исследований, были приготовлены слои различной толщины. Для этого использовались волокна, содержащие 70

% об. высокодисперсного графита и имеющие электропроводность  $\sigma=0,42 \text{ Ом}^{-1}\times\text{см}^{-1}$  на постоянном токе и  $\sigma=0,77 \text{ Ом}^{-1}\times\text{см}^{-1}$  на частоте 4,8 ГГц; и волокна с 50 % об. никеля, обладающие электропроводностью  $\sigma=35 \text{ Ом}^{-1}\times\text{см}^{-1}$  на постоянном токе и  $\sigma=1,2 \text{ Ом}^{-1}\times\text{см}^{-1}$  на частоте 11,1 ГГц. Коэффициенты отражения слоев приведены на рис. 2-3. Эти материалы также обладают высокой эффективностью. Так, №4 на рис. 2 - при толщине 2,5 мм и массе  $0,63 \text{ кг/м}^2$  имеет коэффициент отражения менее 10 дБ в диапазоне частот от 19 до 40 ГГц; №3 на рис. 3 при толщине 1,56 мм и массе  $0,70 \text{ кг/м}^2$  обладает  $R<10 \text{ дБ}$  в диапазоне 15÷38 ГГц. С учетом согласующего слоя их масса составляет немногим более  $1 \text{ кг/м}^2$ .

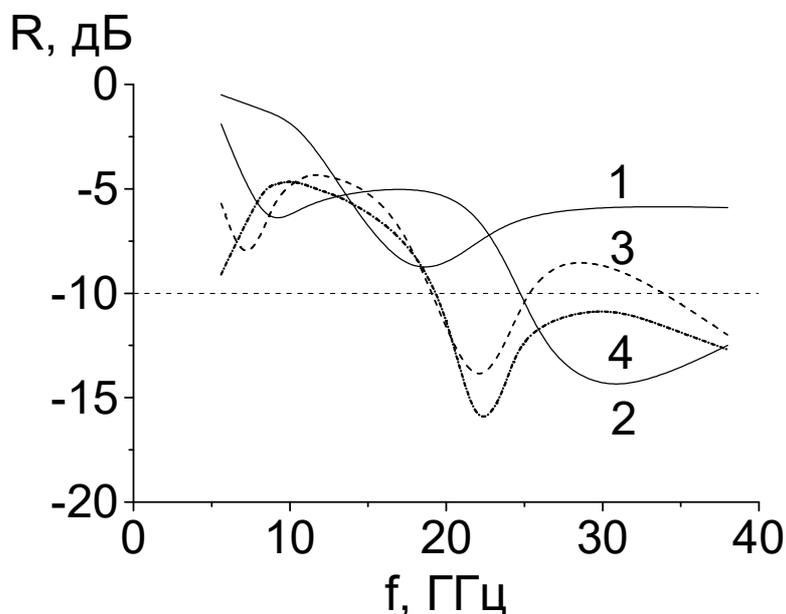


Рисунок 2. Коэффициенты отражения слоев различной толщины на основе дискретных электропроводящих волокон с 70 % об. высокодисперсного графита: 1 - 0,8 мм ( $0,20 \text{ кг/м}^2$ ); 2 - 1,5 мм ( $0,38 \text{ кг/м}^2$ ); 3 - 2,0 мм ( $0,50 \text{ кг/м}^2$ ); 4 - 2,5 мм ( $0,63 \text{ кг/м}^2$ ).

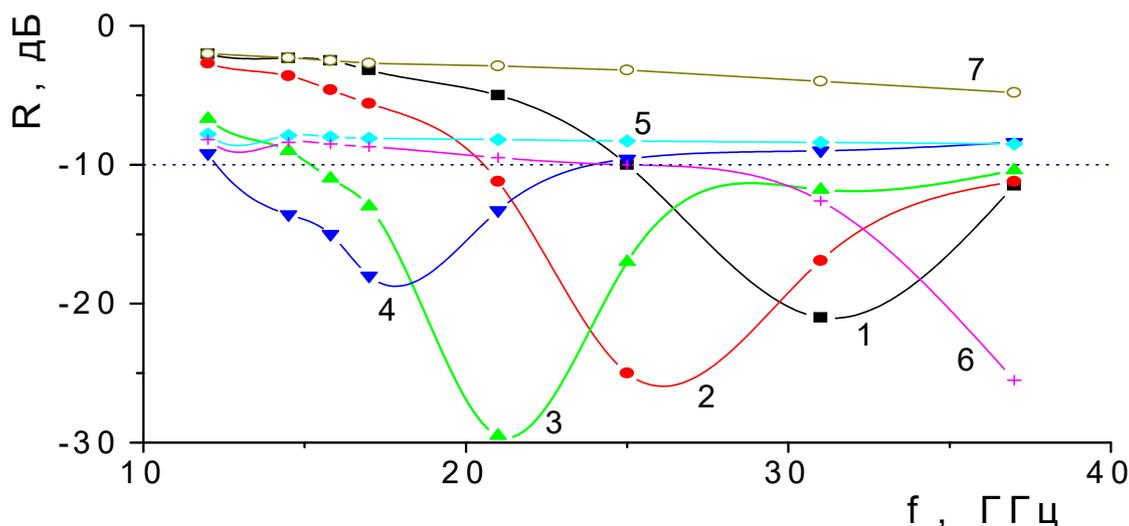


Рисунок 3. Коэффициенты отражения слоев из дискретных волокон объемного состава фторлон:Ni=1:1, на металле. Плотность волокон -  $2,8 \text{ г/см}^3$ , длина - 4 мм, толщина 0,15 мм. Характеристики слоев: 1 - толщина 0,52 мм, масса  $0,23 \text{ кг/м}^2$ ; 2 - толщина 1,04 мм, масса  $0,46 \text{ кг/м}^2$ ; 3 - толщина 1,56 мм, масса  $0,70 \text{ кг/м}^2$ ; 4 - толщина 2,08 мм, масса  $0,93 \text{ кг/м}^2$ ;

5 - толщина 2,6 мм, масса 1,16 кг/м<sup>2</sup>; 6 - толщина 3,1 мм, масса 1,39 кг/м<sup>2</sup>; 7 - согласующий слой: толщина 4,5 мм, плотность 0,087 г/см<sup>3</sup>, масса 0,39 кг/м<sup>2</sup>.

Таким образом, показана перспективность применения и электропроводящих ВПК при разработке композиционных материалов и структур, поглощающих электромагнитное излучение [ 6 ], т.к. помимо повышения прочности композитов, снижения массы, толщины и расхода материалов, имеются возможности контролируемого изменения их электродинамических характеристик за счет подбора толщины конструкции, геометрических размеров волокон, концентрации их в матрице, а также за счет регулирования магнитных и электрических свойств самих волокон условиями их получения: природой, дисперсностью и характером распределения наполнителя в волокне.

### **Список литературы**

1. Казанцев Ю.Н., Дьяконова О.А. Широкополосные радиопоглощающие структуры с малой величиной коэффициента отражения. / Материалы XIV международной конференции по гиромангнитной электронике и электродинамике, микроволновым ферритам. М.: МЭИ, 1998. том 2, С.169-175.
2. V.G.Shevchenko, A.T.Ponomarenko, Carl Klason, I.A.Tchmutin, N.G.Ryvkina. Electromagnetic properties of synthetic dielectrics from insulator-coated conducting fibers in polymeric matrix. J. Electromagnetics, 1997, V17, N.2, p157-170.
3. Гуль В.Е., Шенфиль Л.З. Электропроводящие полимерные композиции. - М.: Химия, - 1984.- 240с.
4. Никитин А.А., Литош О.В., Тихомирова И.А. и др. Электропроводящие химические волокна, их свойства и применение. Обзорн. информ. Сер.: Пром. хим. волокон. - М., НИИТЭХИМ, 1980. 48 с.
5. Б.Л.Антипов, В.С.Сорокин, В.А.Терехов. Материалы электронной техники. Задачи и вопросы. - М.: Высшая школа., - 1990, - 208 с.
- 6/Изгородин А.К., Пономаренко А.Т., Шевченко В.Г.Электрические, магнитные свойства полимерных композиционных материалов, Lambert Academic Publishing, 2013,184 с.

## **ЧЕРНЫЕ ДЫРЫ**

Гянис А.С.

Ивановский государственный политехнический университет

**Чёрная дыра** — область в пространстве-времени, гравитационное притяжение которой настолько велико, что покинуть её не могут даже объекты, движущиеся со скоростью света, в том числе кванты света. Граница этой области называется горизонтом событий, а её характерный размер — *гравитационным радиусом*. В простейшем случае у сферически симметричной чёрной дыры он равен радиусу Шварцшильда.

Теоретически возможность существования таких областей пространства-времени следует из некоторых точных решений уравнений Эйнштейна, первое из которых было получено Карлом Шварцшильдом в 1915 году. Первый изобретатель термина неизвестен, но само обозначение было популяризовано Джоном Арчибалдом Уилером и впервые публично употреблено в популярной лекции «Наша Вселенная: известное и неизвестное» (англ. *Our Universe: the Known and Unknown*) 29 декабря 1967 г. Ранее подобные астрофизические объекты называли «сколлапсировавшие звёзды» или «коллапсары» (от англ. *collapsed stars*), а также «застывшие звёзды» (англ. *frozen stars*).

Вопрос о реальном существовании чёрных дыр тесно связан с тем, насколько верна теория гравитации, из которой следует их существование. В современной физике стандартной теорией гравитации, лучше всего подтверждённой экспериментально, является общая теория относительности (ОТО), из анализа которого следует возможность образования чёрных дыр. Наблюдаемые данные обычно анализируют и интерпретируют, прежде всего, в контексте ОТО, хотя, строго говоря, эта теория не является экспериментально подтверждённой для условий, соответствующих области пространства-времени в непосредственной близости от чёрных дыр, кроме сверхмассивных чёрных дыр. Поэтому утверждения о доказательствах существования чёрных дыр, строго говоря, следует понимать в смысле подтверждения существования астрономических объектов, таких плотных и массивных, а также обладающих некоторыми другими наблюдаемыми свойствами, что их с позиций ОТО можно интерпретировать как чёрные дыры.

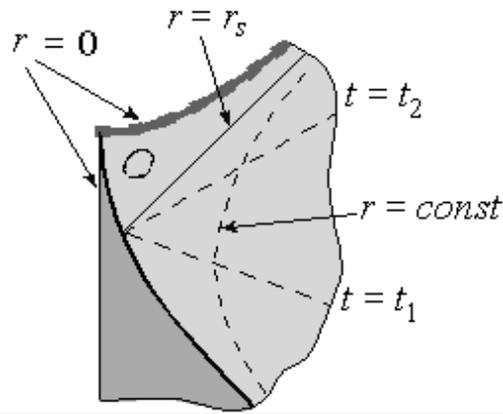
Кроме того, чёрными дырами часто называют объекты, не строго соответствующие данному выше определению, а лишь приближающиеся по своим свойствам к такой чёрной дыре — например, это могут быть коллапсирующие звёзды на поздних стадиях коллапса. В современной астрофизике этому различию не придаётся большого значения, так как наблюдаемые проявления «почти сколлапсировавшей» («замороженной») звезды и «настоящей» («извечной») чёрной дыры практически одинаковы. Это происходит потому, что отличия физических полей вокруг коллапсара от таковых для «извечной» чёрной дыры уменьшаются по степенным законам с характерным временем порядка гравитационного радиуса, делённого на скорость света.

Различают 4 сценария образования чёрных дыр, два реалистичных: гравитационный коллапс (сжатие) достаточно массивной звезды; коллапс центральной части галактики или протогалактического газа; и два гипотетических: формирование чёрных дыр сразу после Большого Взрыва (первичные чёрные дыры); возникновение в ядерных реакциях высоких энергий.

### *Чёрные дыры во Вселенной*

Со времени теоретического предсказания чёрных дыр оставался открытым вопрос об их существовании, так как наличие решения типа «чёрная дыра» ещё не гарантирует, что существуют механизмы образования подобных объектов во Вселенной. С математической точки зрения известно, что как минимум коллапс гравитационных волн в общей теории относительности устойчиво ведёт к формированию ловушечных поверхностей, а следовательно, и чёрной дыры, как доказано Деметриосом Крестодулу в 2000-х годах (Премия Шао за 2011 год).

С физической точки зрения известны механизмы, которые могут приводить к тому, что некоторая *область* пространства-времени будет иметь те же свойства (ту же геометрию), что и соответствующая *область* у чёрной дыры. Так, например, в результате коллапса звезды может сформироваться пространство-время, показанное на рисунке.



Коллапс звезды. Метрика внутри более затенённой области нам неизвестна.

Изображённая тёмным цветом область заполнена веществом звезды и метрика её определяется свойствами этого вещества. А вот светло-серая область совпадает с соответствующей областью пространства Шварцшильда. Именно о таких ситуациях в астрофизике говорят как об образовании чёрных дыр. Снаружи, тем не менее, уже очень скоро этот объект станет практически неотличим от чёрной дыры по всем своим свойствам, поэтому данный термин применим к получающейся конфигурации с очень большой степенью точности.

В реальности из-за аккреции вещества, с одной стороны, и (возможно) хокинговского излучения, с другой, пространство-время вокруг коллапсара отклоняется от приведённых выше точных решений уравнений Эйнштейна. И хотя в любой небольшой области (кроме окрестностей сингулярности) метрика искажена незначительно, глобальная причинная структура пространства-времени может отличаться кардинально. В частности, настоящее пространство-время может, по некоторым теориям, уже и не обладать горизонтом событий. Это связано с тем, что наличие или отсутствие горизонта событий определяется, среди прочего, и событиями, происходящими в бесконечно удалённом будущем наблюдателя.

По современным представлениям, есть четыре сценария образования чёрной дыры:

- Гравитационный коллапс (катастрофическое сжатие) достаточно массивной звезды на конечном этапе её эволюции.
- Коллапс центральной части галактики или протогалактического газа. Современные представления помещают огромную ( $>1000 M_{\odot}$ ) чёрную дыру в центр многих, если не всех, спиральных и эллиптических галактик. Например, в центре нашей Галактики находится чёрная дыра Стрелец А\* массой  $4,31 \cdot 10^6 M_{\odot}$ .
- Формирование чёрных дыр в момент сразу после Большого Взрыва в результате флуктуаций гравитационного поля и/или материи. Такие чёрные дыры называются первичными.
- Возникновение чёрных дыр в ядерных реакциях высоких энергий — квантовые чёрные дыры.

#### Квантовые чёрные дыры

Предполагается, что в результате ядерных реакций могут возникать устойчивые микроскопические чёрные дыры, так называемые квантовые чёрные дыры. Для математического описания таких объектов необходима квантовая теория гравитации. Однако из общих соображений весьма вероятно, что спектр масс чёрных дыр дискретен и существует минимальная чёрная дыра — планковская чёрная дыра. Её масса — порядка  $10^{-5}$  г, радиус —  $10^{-35}$  м. Комптоновская длина волны планковской чёрной дыры по порядку величины равна её гравитационному радиусу.

Таким образом, все «элементарные объекты» можно разделить на элементарные частицы (их длина волны больше их гравитационного радиуса) и чёрные дыры (длина волны меньше

гравитационного радиуса). Планковская чёрная дыра является пограничным объектом, для неё можно встретить название максимон, указывающее на то, что это самая тяжёлая из возможных элементарных частиц. Другой иногда употребляемый для её обозначения термин — планкеон.

В последнее время предложены эксперименты с целью обнаружения свидетельств появления чёрных дыр в ядерных реакциях. Однако для непосредственного синтеза чёрной дыры в ускорителе необходима недостижимая на сегодня энергия  $10^{26}$  эВ. По-видимому, в реакциях сверхвысоких энергий могут возникать виртуальные промежуточные чёрные дыры.

Эксперименты по протон-протонным столкновениям с полной энергией 7 ТэВ на Большом адронном коллайдере показали, что этой энергии недостаточно для образования микроскопических чёрных дыр. На основании этих данных делается вывод, что микроскопические чёрные дыры должны быть тяжелее 3,5-4,5 ТэВ в зависимости от конкретной реализации.

На данный момент учёными обнаружено около тысячи объектов во Вселенной, которые причисляются к чёрным дырам. Всего же, предполагают учёные, существует десятки миллионов таких объектов.

В настоящее время единственный достоверный способ отличить чёрную дыру от объекта другого типа состоит в том, чтобы измерить массу и размеры объекта и сравнить его радиус с гравитационным радиусом, который задаётся формулой

$$R_g = \frac{2GM}{c^2},$$

где  $G$  — гравитационная постоянная,  $M$  — масса объекта,  $c$  — скорость света.

Сверхмассивные чёрные дыры

Наиболее надёжными считаются свидетельства о существовании сверхмассивных чёрных дыр в центральных областях галактик. Сегодня разрешающая способность телескопов недостаточна для того, чтобы различать области пространства размером порядка гравитационного радиуса чёрной дыры (помимо чёрной дыры в центре нашей Галактики, которая наблюдается методами радиоинтерферометрии со сверхдлинной базой на пределе их разрешающей способности). Поэтому в идентификации центральных объектов галактик как чёрных дыр есть определённая степень допущения (кроме центра нашей Галактики). Считается, что установленный верхний предел размеров этих объектов недостаточен, чтобы рассматривать их как скопления белых или коричневых карликов, нейтронных звёзд или даже чёрных дыр обычной массы.

Существует множество способов определить массу и ориентировочные размеры сверхмассивного тела, однако большинство из них основано на измерении характеристик орбит вращающихся вокруг них объектов (звёзд, радиоисточников, газовых дисков). В самом простейшем и достаточно часто встречающемся случае обращение происходит по кеплеровским орбитам, о чём говорит пропорциональность скорости вращения спутника квадратному корню из большой полуоси орбиты:

$$V = \sqrt{\frac{GM}{r}}.$$

В этом случае масса центрального тела находится по известной формуле

$$M = \frac{V^2 r}{G}.$$

В ряде случаев, когда объекты-спутники представляют собой сплошную среду (газовый диск, плотное звёздное скопление), которая своим тяготением влияет на характеристики

орбиты, радиальное распределение массы в ядре галактики получается путём решения т. н. бесстолкновительного уравнения Бернулли.

И так, настоящее время, мы можем лишь наблюдать за черными дырами. Пытаться предсказать их поведение и взаимодействие с окружающими объектами, но точно знать всех процессов нам пока не дано. Черные дыры играют важную роль во вселенной, пусть нас пока что это не касается, но в будущем, кто знает, может они станут причиной гибели нашей галактики.

## МАГНИТОСФЕРА И ПЛАЗМОСФЕРА ЗЕМЛИ

Иванов А.С.

Ивановский государственный политехнический университет

### 1.Общая структура Магнитосферы Земли.

**1.1 Граница Магнитосферы Земли (М.З.)** Внешней границей М.З. является магнитопауза отделяющая геомагнитное и поле от обтекающего Землю Солнечного ветра (СВ.). Индукция магнитного поля на магнитопаузе  $\sim 10^{-3}$  Гс, т.е. значительно больше поля невозмущенного геомагнитного диполя . Дополнительное поле создается токами, текущими по магнитопаузе и экранирующим магнитный переходный слой от проникновения в него геомагнитного поля. Токи на магнитопаузе создаются плазмой СВ: при проникновении в магнитопаузу положительные ионы отклоняются геомагнитным полем к западу, а электроны к востоку.

**1.2 Обтекание М.З. солнечным ветром.** Сверхзвуковой СВ,налетая на препятствие – М.З., резко тормозится,образуя ударную волну. На фронте головной ударной волны происходит изменение направления движения частиц СВ. Их направленная скорость уменьшается, а тепловая скорость растет так,что плазма между фронтом ударной волны и магнитопаузой нагревается до нескольких миллионов градусов. Эта разогретая плазма обтекает М.З., образуя магнитный переходный слой, в котором магн. поле и движение плазмы СВ становятся менее упорядоченными. Плазменный слой образован плазмой СВ, нагретой внутримангнитосферными процессами до  $5 \times 10^7$ К, и ускоренными ионосферными ионами. Ток, ответственный за резкое изменение направления магнитного поля в долях хвоста, протекает в нейтральном токовом слое внутри плазменного слоя. Этот ток поперёк хвоста направлен с утренней стороны на вечернюю. Он обусловлен дрейфом заряженных частиц под действием центробежной силы (центробежный дрейф) и силы, связанной с градиентом магнитного поля (градиентный дрейф).

### 2.Крупномасштабная конвекция плазмы в М.З.

**2.1 Конвекция в хвосте М.З.** В хвосте М.З. существует крупномасштабное электрическое поле,направленное поперёк хвоста. Под действием электрического поля и магнитного поля

хвоста плазма дрейфует от плазменной мантии к плазменному слою и из плазменного слоя по направлению к Земле. Электрическое поле в хвосте при вязком трении есть результат движения плазмы в пограничном слое поперёк магнитному полю и появления на внутренней границе пограничного слоя поляризационных зарядов. Перепад потенциала из-за электрического поля, обусловленного вязким трением, равен 10-30 кВ и возрастает с увеличением скорости СВ.

**2.2 Плазмосфера.** Участвуя в крупномасштабной конвекции, плазма М.З. на больших расстояниях способна покидать М.З. через дневную магнитопаузу, при этом концентрация холодной плазмы за пределами плазмосферы резко уменьшается. Плазмосферой называется область с повышенной концентрацией плазмы ионосферного происхождения и тепловой энергией  $\sim 1.0$  эВ.

### **3. Крупномасштабные продольные токи.**

С усилением возмущенности М.З. интенсивность продольных токов увеличивается в несколько раз. Продольные токи существуют в М.З. постоянно. Область их втекания и вытекания образует практически непрерывную полосу вдоль аврорального овала, являющегося проекцией плазменного слоя и каспа вдоль геомагнитных силовых линий на высоту 100÷200 км над поверхностью Земли.

### **4. Магнитосферные возмущения.**

Полярные сияния, геомагнитные хар-ки М.З. и потоки заряженных частиц чутко реагируют на изменения в СВ. В определённых ситуациях возникают магнитосферные возмущения длительностью 1-2 ч – сложный комплекс явлений, получивший название магнитосферной суббури. Накладываясь во времени, магнитосферные суббури приводят к возникновению магнитной бури. Во время магнитных бурь и суббурь происходит усиленная диссипация энергии в М.З. ( $\sim 10^{11}$  Вт). Эта энергия выделяется в виде джоулева тепла ионосферных токов. Возникают интенсивные *полярные сияния*. Появление дуг полярных сияний связано с локальным усилением продольного тока в результате внутримангнитосферных процессов или трения конвективного потока об ионосферу. При превышении продольным током некоторого критического значения возбуждается токовая неустойчивость. Спорадически возникающее излучение в километровом диапазоне на частоте электронов ( $10^2$ - $10^3$  кГц) резко усиливается во время магнитосферных суббурь, достигая полной мощности  $10^9$  Вт.

### **АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ:**

Магнитосфера Земли — область, ограниченная приблизительно шестью радиусами нашей планеты, в которой магнитное поле имеет форму, близкую к дипольной. В этой области на высотах 1000—20 000 км находится плазмосфера — слой холодной плазмы высокой плотности, который вращается вместе с Землёй. Параметры плазмы быстро изменяются как в пространстве, так и во времени, поэтому измерения необходимо производить одновременно в нескольких точках пространства с высоким временным разрешением.

## ВЛИЯНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ И МАГНИТНЫХ БУРЬ НА ЧЕЛОВЕКА

Зайчиков М.А.

Ивановский государственный политехнический университет

Человек на планете Земля постоянно находится под воздействием магнитного поля. Человеческое тело пронизывают магнитные силовые линии, интенсивность которых различна для разных органов организма. Важным моментом является поддержание на определенном уровне параметров внешнего и внутреннего магнитных полей. Бесспорным является факт, что внешние магнитные поля в значительной мере определяют состояние наших внутренних магнитных полей.

Научные исследования влияния магнитного поля на человека можно разделить на три основных категории:

- 1) в условиях экранирования от геомагнитного поля;
- 2) в условиях, когда геомагнитное поле было скомпенсировано искусственным полем;
- 3) при условиях геомагнитных бурь.

*Магнитные поля* могут быть постоянными (ПМП) от искусственных магнитных материалов и систем, импульсными (ИМП), инфранизкочастотными (с частотой до 50 Гц), переменными (ПеМП). Действие магнитных полей может быть непрерывным и дискретным.

Источниками постоянных магнитных полей (ПМП) являются постоянные магниты, электромагниты, электролизные ванны (электролизеры), линии передачи постоянного тока, шинопроводы и другие электротехнические устройства, в которых используется постоянный ток. В последнее время новым источником ПМП является транспорт на магнитной подвеске.

Наша планета создает естественное постоянное магнитное поле, являющееся в определенной мере защитой для живых организмов от проникновения космических ионизирующих излучений. Степень воздействия магнитного поля (МП) на людей зависит от значения индукции этого поля в рабочем пространстве. Энергетическое воздействие МП на человека, зависит от расположения рабочего места по отношению к МП и режима труда.

Результаты исследований свидетельствуют о чувствительности к биологическому действию ПМП практически всех физиологических систем организма человека. ПМП могут обуславливать увеличение латентных периодов, изменение сенсорно-моторных реакций на звук и свет, уменьшение количества эритроцитов и гемоглобина в крови.

При постоянной работе в условиях хронического воздействия МП, превышающих предельно допустимые уровни, развиваются нарушения функций нервной, сердечно-сосудистой и дыхательной систем, пищеварительного тракта и т.д. При преимущественно локальном воздействии могут развиваться вегетативные и трофические нарушения, как правило, в областях тела, находящегося под непосредственным воздействием МП (чаще всего рук). Они проявляются по средствам появления ощущения зуда, бледностью или синюшностью кожных покровов, отеком и уплотнением кожи, в некоторых случаях развивается гиперкератоз (ороговелость). При действии ПеМП наблюдаются характерные зрительные ощущения (фосфены), которые исчезают в момент прекращения воздействия.

В соответствии с СН 1742—77 напряженность МП на рабочем месте не должна превышать 8 кА/м, (для сравнения, ПМП Земли имеет напряженность 10 А/м). Напряженность МП линии электропередачи напряжением до 750 кВ обычно не превышает 20...25 А/м, что не представляет опасности для человека.

Реальное воздействие ПМП на работающих при изготовлении, постоянных магнитов в течение 1,5...2 ч составляет на уровне рук 8...40 кА/м, а на уровне туловища — 1...7 кА/м. При работе на установках ядерного магнитного резонанса на уровне рук магнитное поле достигает 80...200 кА/м, на уровне головы, груди и живота — 4...20 кА/м.

Биологические эффекты обусловленные постоянным магнитным полем и исследуют в магнитно-резонансных томографах, в которых напряженность поля составляет несколько Тесла (несколько десятков тысяч Гаусс). Основные механизмы воздействия магнитных полей на биологические организмы известны, они позволяют развивать магнитную терапию. Эти механизмы включают в себя: 1) увеличение кровотока в результате возросшего содержания кислорода (оба эти явления лежат в основе способности организма к самовосстановлению); 2) изменение скорости миграции ионов кальция, в результате чего, с одной стороны, кальций быстрее поступает в сломанную кость, и она быстрее срастается, а с другой стороны, кальций быстрее вымывается из больного пораженного артритом сустава; 3) изменение кислотно-щелочного баланса (рН) различных жидкостей в теле человека и животных (дисбаланс часто является следствием болезни); 4) изменение выработки гормонов эндокринными железами; 5) изменение ферментной активности и скоростей различных биохимических процессов, 6) изменение вязкости крови.

**ФИЗИКА ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ:  
СТРУКТУРА, СВОЙСТВА,  
НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ И МАТЕРИАЛЫ  
(SMARTEX-2014)**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ  
XVII МЕЖДУНАРОДНОГО НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОГО  
СЕМИНАРА**

Ответственный за выпуск	Сенченков Е.В.
Компьютерная верстка	Сенченкова Е.В.
Художественное оформление обложки	Изгородиной М.А.

Статьи печатаются в редакции авторов

---

Подписано в печать 29.04.2013.  
Формат 60x84 1/8. Усл. печ. л. 12,09 Уч.-изд. л. 9,0.  
Тираж 70 экз. Заказ №

---

Редакционно-издательский отдел  
Текстильного института ИВГПУ  
153000, г. Иваново, Шереметьевский проспект, 21

Отпечатано в ОАО «Информатика»  
153032, г.Иваново, ул.Ташкентская, 90