

XXIV международный  
научно-практический форум

**ФИЗИКА ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ:  
структура, свойства, наукоемкие  
технологии и материалы**

**SMARTEX  
2021**

**Издание Ивановского государственного  
политехнического университета**

Иваново - 2021

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

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

Официальный индустриальный партнёр ООО «ТЕРМОПОЛ»

*Памяти профессора А.К. Изгородина посвящается*

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ**  
**XXIV Международного**  
**научно-практического форума**  
**«SMARTEX – 2021»**

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

12 – 14 октября 2021 года

Иваново 2021



УДК 677.1/.5:5

Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы: сб. материалов XXIV Междунар. науч.-практ. форума «SMARTEX-2021», 12–14 октября 2021 года. – Иваново: ИВГПУ, 2021.– 370 с.

**Рецензенты:**

д-р техн. наук, гл. науч. сотр. Н.П. Пророкова (Институт химии растворов имени Г.А. Крестова РАН), д-р техн. наук, проф., ген. дир. ООО «Инжиниринговый центр текстильной и легкой промышленности» (г. Иваново) Н.Л. Корнилова (Ивановский государственный политехнический университет), д-р тех. наук, проф. М.Ю. Трещалин (Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова), д-р техн. наук, проф. М.В. Киселёв (Костромской государственной университет), д-р техн. наук, проф. Н.А. Кулида (Ивановский государственный политехнический университет), д-р техн. наук, проф. А.Ю. Матрохин (Ивановский государственный политехнический университет),

## Состав Организационного комитета

### Сопредседатели

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

### Учёные секретари

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

### Члены оргкомитета

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

## Состав Программного комитета

### Члены комитета

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



*Памяти организатора  
Международного научно-практического форума  
«SMARTEX»  
Изгородина Анатолия Кузьмича*



Анатолий Кузьмич Изгородин (1940–2021 гг.)

В 1998 году состоялось первое заседание Международного научно-практического семинара «Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы» («SMARTEX»). Организатором и идейным вдохновителем его был профессор Анатолий Кузьмич Изгородин. Именно он предложил идею проведения конференции, посвященной вопросам создания и применения «умных» волокнистых материалов. Данная конференция стала своего рода площадкой для обмена опытом между российскими и иностранными учеными и специалистами. С тех пор мероприятие проводится каждый год. Его масштаб увеличился – Международный семинар превратился в Международный научно-практический форум, в котором участвуют сотни ученых и специалистов. Форум приобрел серьезную образовательную составляющую – проходящая в его рамках Школа молодых ученых расширяет кругозор студентов и аспирантов, а конкурс исследовательских работ молодых ученых дает многим из них путевку в жизнь. Во всем этом – огромная заслуга Анатолия Кузьмича Изгородина.

Анатолий Кузьмич Изгородин родился 31 декабря 1940 года в г. Бежица Брянской области. С 1946 по 1959 год жил в Калининградской области, закончил междуреченскую среднюю школу, а затем в 1959 году Калининградский политехнический техникум. После окончания техникума работал в Карелии на целлюлозном заводе в г. Питкяранта слесарем и и.о. механика цеха. С декабря 1959 года по сентябрь 1962 года служил в рядах Советской армии в военно-транспортной авиации. Участвовал в строительстве взлетно-посадочной полосы на Северном аэродроме.

С 1963 по 1966 год учился в Ивановском текстильном институте и одновременно работал секретарем комитета комсомола. Участвовал в работе XV съезда комсомола в качестве делегата.

Закончив вуз с отличием, работал ассистентом, а затем поступил в аспирантуру Московского института стали и сплавов. Находясь в аспирантуре, досрочно защитил кандидатскую диссертацию. После аспирантуры работал доцентом и заведующим кафедрой физики, а затем, около 14 лет, проректором по учебной работе. В эти годы в текстильном институте по инициативе А.К. Изгородин ежегодно проводили научно-методические конференции, в течение пяти лет издание учебных пособий, сборников научных трудов и методических указаний возросло с трех до ста в год; вуз был объявлен базовым в числе 13 вузов СССР по использованию учебного телевидения.

В 1984 году А.К. Изгородин защитил докторскую диссертацию, а затем вновь возглавил кафедру физики. Инициировал открытие подготовки специалистов и бакалавров по направлению «Нанотехнологии» и «Наноинженерия». Кафедра была переименована и стала кафедрой физики и нанотехнологий (ныне кафедра естественных наук и техносферной безопасности). Кроме того, А.К. Изгородиным разработаны программы следующих дисциплин по направлению подготовки бакалавров 28.03.02 «Наноинженерия»: «Введение в наноинженерию», «Космическая среда вокруг Земли, магнитные возмущения», «Нанотехнологии в текстильной отрасли», «Физика волокнистых материалов», «Физика и механика прочности», «Физика и механика разрушения».

А.К. Изгородиным опубликовано более 300 работ, в том числе 7 монографий, им получено 24 патента на изобретения. Он был научным руководителем 16 научно-исследовательских работ, в том числе по Гособоронзаказу, двух работ в рамках Федеральных целевых программ, одной работы, финансируемой Российским фондом фундаментальных исследований.

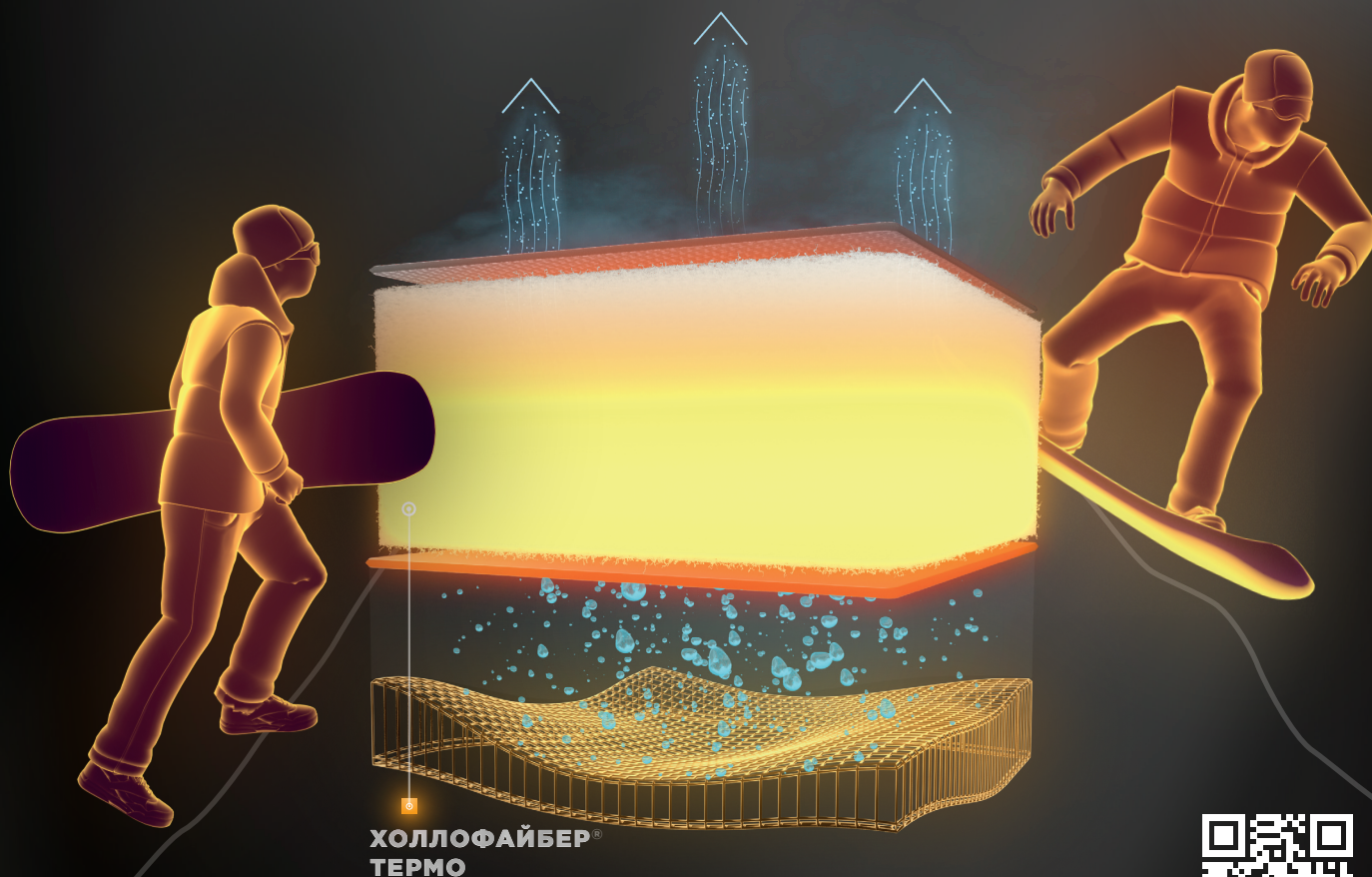
А.К. Изгородин координировал исследования по разработке функциональных и многофункциональных нанокompозитов на волокнистой основе, а также осуществлял организационную работу по созданию научно-образовательного центра «Наноматериалы и нанотехнологии», куда вошли ИХР РАН, ИГХТУ, ИВГПУ и ИГЭУ. Целью этого центра было обучение студентов по направлению «Наноинженерия» и прохождение ими практики, а также проведение совместных научных работ.

А.К. Изгородин являлся академиком Петровской академии наук и искусств, награжден многочисленными грамотами, золотой и серебряной медалями международных выставок за работы по созданию функциональных и многофункциональных нанокompозитов на волокнистой основе инженерного и защитного назначения, был признанным авторитетом в данной области. А.К. Изгородину присвоено звание «Заслуженный работник высшей школы России».

Анатолия Кузьмича отличали доброжелательность и чуткость к коллегам, жизнелюбие, ответственное отношение к делу. Лучшей памятью о нем будет продолжение работы и дальнейшее развитие созданного им Международного научно-практического форума «SMARTEX».

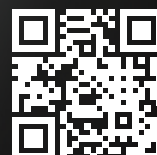


ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ УМНОГО ТЕКСТИЛЯ  
В СОЗДАНИИ МАТЕРИАЛА ХОЛЛОФАЙБЕР® ТЕРМО  
С РЕГУЛИРУЕМЫМИ СВОЙСТВАМИ



ХОЛЛОФАЙБЕР®  
ТЕРМО

узнать как  
работает ТЕРМО



**IVANOVO**  
**SMARTEX**

ЗАВОД НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ  
**ТЕРМОПОЛ**

[www.hollowfiber.ru](http://www.hollowfiber.ru) | [info@thermopol.ru](mailto:info@thermopol.ru)



## ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРОЦЕССОВ ВЫРАЩИВАНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ ХЛОПКА И КОНОПЛИ – ОБОБЩЁННОЕ МНЕНИЕ СПЕЦИАЛИСТОВ

### ENVIRONMENTAL PROCESS ASSESSMENT GROWING AND PROCESSING COTTON AND HEMP -GENERAL OPINION OF SCIENTISTS

И.Ю. Белова, Ю.А. Шаммут  
I.Yu. Belova, Yu.A. Shammut

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

Процесс выращивания и переработки хлопка начал привлекать серьезное внимание экологов, так как хлопок считается культурой, имеющей серьезные экологические последствия. Производство волокон конопли оказывает значительно меньшее воздействие на окружающую среду, чем производство хлопка, как в отношении изменения климата, подкисления, эвтрофикации, так и других критериев экологичности. Выращивание и переработку конопли специалисты экологи считают экологически безопасной альтернативой хлопковому волокну. Однако результаты мировых исследований утверждают обратное – текстиль из конопли в настоящее время не является экологическим чудом, каким он считается, но с экологической точки зрения, текстильная промышленность может стать более экологически устойчивой.

**Ключевые слова:** хлопок, конопля, экология, эвтрофикация, текстильная отрасль, текстильные материалы, удобрения, окружающая среда, минеральные удобрения.

The process of growing and processing cotton has begun to attract serious environmental attention, as cotton is considered a crop with serious environmental consequences. Hemp fiber production has a significantly lower environmental impact than cotton production, both in terms of climate change, acidification, eutrophication, and other sustainability criteria. Environmentalists consider the cultivation and processing of hemp to be an environmentally friendly alternative to cotton fibers. However, the results of global research suggest the opposite - hemp textiles are currently not the ecological miracle that they are considered to be, but from an environmental point of view, the textile industry can become more environmentally sustainable.

**Key words:** cotton, hemp, ecology, eutrophication, textile industry, textile materials, fertilizers, environment, mineral fertilizers.

С увеличением спроса со стороны текстильной промышленности, объемы мировых запасов хлопка упали до трехлетнего минимума. В 2021 году производство хлопка, выросло на 5%, однако спрос постоянно превышает предложение, что приводит к росту цен. За последний год цена на хлопок на мировом рынке выросла более, чем на 30% (рис.1), что повлекло за собой рост цен на хлопок содержащие текстильные материалы. В комплексе с введением обязательной маркировки на товары лёгкой промышленности с кодами ТН ВЭД ЕАЭС 4203, 6106, 6201, 6202, 6302 /2/ и, как следствие рост связанных с этим производственных затрат, по отдельным видам номенклатурных позиций (постельное и столовое бельё), себестоимость продукции выросла на 35-40%.

В среднесрочной перспективе основным драйвером роста рынка хлопка прогнозирует спрос на текстиль со стороны растущего населения мира.

Однако в течение последних трех десятилетий хлопок начал привлекать серьезное внимание экологов. Растущая масса литературы посвящена пониманию и количественной оценке потенциальных экологически и социально опасных последствий производства хлопка /3/. Особую озабоченность вызывают последствия интенсивной ирригационной практики, чрезмерного использования минеральных удобрений и вредных пестицидов. Другими важными аспектами в каждой отрасли в наши дни являются влияние на глобальное потепление и потребление ископаемого топлива.



Рис.1. Динамика измерения цены на хлопок за год /1/

В этой связи по утверждению специалистов-экологов, хлопок вообще не является устойчивой культурой /4/, и, как нельзя кстати, у хлопка появился мощный конкурент – конопля. Рынок конопли сегодня растет взрывными темпами благодаря странам ЕС и Северной Америки, где ее применяют в фармакологии и пищевой промышленности. К 2025 г., по прогнозу Arcview Group, он достигнет \$42,7 млрд. Более оптимистично настроенные эксперты говорят о \$60 млрд и больше.

Конопля - одна из древнейших технических культур человечества. Изделия из нее, прежде всего одежда, известны еще с 1 тысячелетия до н. э. Волокно конопли длинное, грубое, но имеет большую прочность и не поддается гниению при длительном пребывании в воде. Мировой лидер по производству конопли Китай, производящий более 70% мировой продукции. Франция занимает второе место с примерно четвертью мирового производства. Меньшее производство наблюдается в остальной части Европы, Чили и Северной Кореи. Промышленную коноплю производят более 30 стран, в том числе Австралия, Австрия, Канада, Чили, Дания, Египет, Финляндия, Германия, Греция, Венгрия, Индия, Италия, Япония, Корея, Нидерланды, Новая Зеландия, Польша, Португалия, Румыния, Россия, Словения, Испания, Швеция, Швейцария, Таиланд, Турция, Великобритания и Украина.

И если хлопок считается культурой, имеющей серьезные экологические последствия, то конопля - экологически безопасная альтернатива хлопковому волокну. Производство волокон конопли оказывает значительно меньшее воздействие на окружающую среду, чем производство хлопка, как в отношении изменения климата, подкисления, эвтрофикации, так и других критериев экологичности /5/. Но так ли это?

Основная цель выполненной работы – объединить выводы, сделанные на основе проведенных в мире за последние 30 лет научных исследований в области сравнения экологичности производства текстильных материалов из волокон хлопка и конопли и получить ответы на следующие вопросы:

1. Являются ли ткани из конопли или смеси конопли и хлопка, более экологически безопасными, чем сопоставимые ткани из хлопка?
2. Можно ли потенциально улучшить экологические показатели текстильной промышленности за счет использования волокон конопли в качестве альтернативы хлопку?
3. Каковы основные различия между волокнами конопли и хлопком в текстильном производстве как с технической, так и с экологической точки зрения?

Для реализации поставленной цели был выполнен библиографический обзор результатов научных исследований – более 150 публикаций.

### **Выводы**

Производимые в настоящее время текстильные изделия из конопли в целом не оказывают меньшего отрицательного воздействия на окружающую среду, чем обычные хлопчатобумажные ткани. Использование старого оборудования и устаревших технологий, которое до сих пор применяется в производстве текстильных изделий из конопли, отрицательно сказывается на экологических характеристиках продукции. Добавление 50-55% волокна конопли в текстильные материалы, производимому с помощью тех же технологий, снижает воздействие морской эвтрофикации (-24%) и занятость сельскохозяйственных земель (-12%). Однако возможны компромиссы между изменением климата (+ 6%), эвтрофикацией пресной воды (+ 15%), экотоксичностью пресной воды (+ 12%), морской экотоксичностью (+ 11%) и истощением ископаемых (+ 4%). Это связано главным образом с тем, что существует огромное влияние выбросов и загрязнения, связанных с затратами энергии, необходимой на переработку выращенного сырья и производство волокнистых материалов. Данное заключение определенно не подтверждает многие заявления, сделанные сегодня в отношении текстильных изделий из конопли.

Однако конопля может улучшить экологические показатели текстильной и других отраслей. Выращивание конопли оказывает меньшее воздействие на окружающую среду по сравнению с хлопком (от -50% до -90% для всех категорий воздействия). Данное заключение само по себе должно быть экологическим стимулом для использования конопли в производстве технических волокон вместо хлопка. Однако для текстильных изделий этап дегуммирования остается наиболее важным препятствием. Это увеличивает воздействие рафинированных волокон конопли выше, чем у хлопка для всех категорий воздействия, за исключением морской эвтрофикации и наземной экотоксичности. Если можно будет разработать экономически целесообразные новые методы рафинирования волокон конопли без такого же уровня использования энергии, тогда и только тогда текстиль из конопли будет иметь значительно меньшее воздействие, чем хлопок. Однако разница будет ограничена из-за небольшого вклада производства волокна в общее воздействие на окружающую среду. Однако анализ показал важное влияние использования энергии на экологические показатели. Использование чистых источников энергии для производства электроэнергии и тепла должно стать приоритетом в стремлении к более устойчивой текстильной промышленности. В конечном итоге это увеличит относительный вклад производства волокна в общее воздействие на окружающую среду, дополнительно увеличивая потенциальные преимущества конопли.

Большинство проведенных исследований показывают, что техническая разница между коноплей и хлопком довольно ограничена, однако производство конопли определенно более экологично из-за более высокой эффективности удобрений и использования меньшего количества пестицидов.

Текстиль из конопли в настоящее время не является экологическим чудом, каким он считается, но с экологической точки зрения, текстильная промышленность может стать более экологически устойчивой.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Биржевые и финансовые новости. Новости финансового рынка [Электронный ресурс]. /URL: <https://www.finanz.ru/novosti> (Дата обращения 16.09.2021).
2. Постановление Правительства РФ от 31 декабря 2019 г. № 1956 “Об утверждении Правил маркировки товаров легкой промышленности средствами идентификации и особенностях внедрения государственной информационной системы мониторинга за оборотом товаров, подлежащих обязательной маркировке средствами идентификации, в отношении товаров легкой промышленности” [Электронный ресурс]/Информационно-правовой портал Гарант. ru/ URL: [www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/73267437/](http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/73267437/) (Дата обращения 16.09.2021)



3. Конопля: эко волокна будущего [Электронный ресурс] /URL: <https://facepla.net/content-info/art-menu/1643-2011-09-21-06-55-36.html>
4. Ouajai, S. & Shanks, R. A., 2005. Composition, structure and thermal degradation of hemp cellulose after chemical treatments. *Polymer Degradation and Stability*, 89(2).
5. Развитие и изменение климата доклад о мировом развитии [Электронный ресурс]/ URL: <https://documents1.worldbank.org/curated/en/368171468328209444/pdf/530770WDR020100Official0Use0Only060.pdf> (Дата обращения 16.09.2021).
6. Ouajai, S. & Shanks, R. A., 2005. Composition, structure and thermal degradation of hemp cellulose after chemical treatments. *Polymer Degradation and Stability*, 89(2), pp.327– 33

## ТЕХНОЛОГИЯ СНИЖЕНИЯ ДЕФЕКТНОСТИ НАМОТКИ ШЕЛКОВЫХ НИТЕЙ НА КРУТИЛЬНЫХ МАШИНАХ

### TECHNOLOGY FOR REDUCING SILK THREAD WINDING DEFECTIVENESS ON TWISTING MACHINES

Г.Н. Валиев<sup>1</sup>, Ж.И. Орипов<sup>1</sup>, Н.Г. Валиев<sup>2</sup>, М. Турдиев<sup>1</sup>, В.О. Хомидов<sup>1</sup>  
G.N. Valiev<sup>1</sup>, J.I. Oripov<sup>1</sup>, N.G. Valiev<sup>2</sup>, M. Turdiyev<sup>1</sup>, V.O. Khomidov<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ферганский политехнический институт, Республика Узбекистан

<sup>2</sup>Наманганский инженерно-технологический институт, Республика Узбекистан

<sup>1</sup>Fergana politechnical institute, Republic of Uzbekistan

<sup>2</sup>The Namangan institute of engineering and technology, Republic of Uzbekistan

E-mail: g.valiev@ferpi.uz, oripov\_jasurbek@mail.ru, nodirbekvaliyev@mail.ru

Проведён анализ качества намотки на крутильных машинах, установлены причины образования и пути устранения дефектов намотки и снижения отходов сырья при переработке креповых нитей натурального шелка. Разработана ресурсосберегающая технология снижения дефектности намотки шелковых нитей на крутильных машинах.

**Ключевые слова:** намотка, паковка, шёлк, нить, плотность, крутильная машина, дефект намотки, качество, отходы сырья, ресурсосберегающая технология.

The analysis of the quality of winding on twisting machines has been carried out, the reasons for the formation and ways of eliminating winding defects and reducing the waste of raw materials during the processing of crepe yarns of natural silk have been established. Developed resource-saving technology for reducing silk thread winding defectiveness on twisting machines.

**Keywords:** winding, packing, silk, thread, density, twisting machine, winding defect, quality, waste raw materials, resource-saving technology.

В современный период рыночных отношений актуальными проблемами развития шелковой отрасли являются улучшение качества шелковых тканей и повышение их конкурентоспособности на внутреннем и международном рынках путем внедрения в производство инновационных разработок и технологий, обеспечивающих выпуск высококачественной продукции.

В последнее время неуклонно растёт спрос на изделия из натуральных волокон, в том числе и из натурального шелка. Нити натурального шелка очень тонкие и прочные, обладают большой упругостью, хорошо окрашиваются, имеют приятный нежный блеск и обладают хорошими гигиеническими и потребительскими свойствами. Шелк является одним из древнейших, благородных и ценнейших видов текстильного сырья, а также единственного рода волокна, который имеет стойкость к микробиологическому разложению.

Применение современных высокопроизводительных ткацких станков, обеспечивающих высокое качество вырабатываемых тканей требует значительного улучшения качества приготовления основных и уточных нитей, которые существенно влияют на качество вырабатываемых тканей. Качество подготовки нитей к ткачеству во многом определяется качеством паковок и условиями осуществления самого технологического процесса. От выбора этих условий и оптимизации процессов зависит производительность оборудования, качество продукции и полуфабрикатов, выход отходов и уровень расхода сырья и материалов.

Эффективность применения современных текстильных машин и станков во многом определяется качеством подготовки нитей к ткачеству, которое зависит от качества сырья, параметров паковки [1, с. 106-113; 2, с. 84-87] и оптимизации технологического процесса [3,

с. 195-199; 4, с. 14733-14737; 5, с. 185-188], особенно при производстве тканей и переработке нитей натурального шелка [6, с. 147-151; 7, с. 89-92; 8, с. 47-50; 9, с. 261-264].

Несовершенство технологии и технологического оборудования процесса переработки нитей на крутильной машине являются причинами плохого качества получаемых паковок, низкой производительности, увеличения выхода отходов и повышения материалоемкости продукции.

Качество формируемых на крутильных машинах паковок и производительность машин определяется уровнем совершенствования их основных узлов и механизмов, особенностями условий процесса кручения, соблюдением необходимых технологических параметров, а также совершенствованием самого технологического процесса и технологического оборудования в целом.

На некоторых типах крутильных машин слои намотки периодически недоматываются до внутреннего края фланца катушки и получают паковку со скосами у фланцев катушки [10].

Ранее проведенными нами исследованиями [11, с. 143-146] было установлено, что плотность намотки вдоль оси паковки неравномерна и в зоне скоса по мере приближения к торцу паковки она резко снижается и стремится к нулю. Для выравнивания плотности и улучшения структуры и качества намотки крутильной паковки, следует исключить скосы на торцах паковки или, что более рационально, намотку производить на бесфланцевую паковку с формированием биконической формы намотки [11, с. 143-146].

Проанализировали качество намотки креповых нитей из шелка-сырца 3,23 текс x 3 (№ 310/3) на этажно-крутильных машинах КЭ-145-ШЛ и определили виды дефектов, усложняющих дальнейшую их переработку в процессе ткачества в качестве уточной паковки на бесчелночных ткацких станках типа СТБ.

В таблице 1. представлены качество намотки и возврат катушек лежень с дефектами намотки с процесса ткачества на повторную переработку.

Таблица 1

Качество намотки креповых нитей на этажно-крутильных машинах КЭ-145-ШЛ и возврат паковок с процесса ткачества

№ п/п	Назначение и виды намотки	ВОЗВРАТ						Вес шелка на 1 катушке, г
		Количество паковок			Вес паковок			
		Шт.	%	% к поступлению	Кг.	%	% к поступлению	
1.	Поступившие в ткачество	49283	-	100	6195	-	100	126
2.	Возвращённые:							
	тонкая нить	1093	23,7	2,22	61,41	23,2	0,99	56
	толстая нить	232	5,0	0,47	18,48	7,0	0,30	80
	боковая намотка	148	3,2	0,30	10,10	3,8	0,16	68
	спутанность намотки	752	16,3	1,53	36,12	13,6	0,58	48
	запутывание нитей у края намотки	915	19,8	1,86	53,91	20,4	0,87	59
	загрязнённость	280	6,1	0,56	16,0	6,0	0,26	57
	перекрученная нить	1196	25,9	2,43	68,8	26,0	1,11	58
	ИТОГО:	4616	100	9,37	264,82	100	4,27	-

Кроме того, определялся вес шелка на катушках, поступающих в процесс ткачества и возвращаемых с процесса ткачества с сырьевыми дефектами по толщине нити и с различными дефектами, обусловленными нарушением технологического процесса кручения, результаты которого представлены в таблице 2.

Таблица 2

№	Наименование характеристик	Количество катушек, шт.	Вес шелка, г.		
			Всего, кг	На 1 катушку, г	%
1	2	3	4	5	6
1.	Шелк, поступивший с процесса кручения	49283	6195	126	100
2.	Возвращенные паковки с сырьевыми дефектами	1325	79,89	60	47,6
3.	Возвращенные паковки с дефектами намотки	3291	184,93	56	44,4

Анализ переработки полученных крутильных паковок с машин КЭ-145-ШЛ в процессе ткачества на бесчелночных ткацких станках типа СТБ показал, что эти дефекты увеличивают обрывность нитей и отрицательно влияют на технологический процесс. Из всех наработанных крутильных катушек 9,37% (4,27% в весовом отношении, т.к. катушки возвращались неполные) невозможно было переработать, и были возвращены на повторную переработку (разработку дефекта), что естественно, сопровождалось дополнительными трудозатратами и отходами ценного сырья.

Рассмотрим дефекты намотки, наиболее часто встречающиеся на этажно-крутильных машинах КЭ-145-ШЛ. Анализ показывает, что наибольший удельный вес в объеме возвращаемых на повторную переработку паковок (табл. 1.) занимает дефект сырья тонкая и толстая нить – 28,7 % (30,2 % в весовом отношении). Следовательно, одним из путей снижения отходов сырья является выравнивание нити по линейной плотности и снижение дефектов сырья по толщине.

Из таблицы 1 также видно, что после сырьевого дефекта наибольший удельный вес – 26,0 % занимает дефект «перекрученная нить», свидетельствующий о несоблюдении технологии в процессе кручения. Далее следует дефект «запутывание нитей у края намотки» – 20,4 %.

Причина этого дефекта намотки заключается в следующем. Как известно, на этажно-крутильных машинах КЭ-145-ШЛ, слои намотки периодически недоматываются до фланца катушки (рис. 1) и таким образом образуют скосы на торцах паковки. В связи с этим плотность намотки по высоте паковки неравномерна и в зоне скоса, по мере приближения к торцу паковки, она резко снижается и стремится к нулю, образуя рыхлую намотку по краям, то в последующем, верхние слои намотки, наматываясь под определенным натяжением, продавливаются в рыхлые нижние слои и вызывают при последующей размотке запутывание нитей.

Анализ показал, что решением проблемы «запутывание нитей у края намотки» является модернизация механизма раскладки, обеспечивающего, формирование паковок без скоса у фланцев, способствующего выравниванию плотности намотки вдоль образующей паковки и улучшению её структуры и качества.

Из табл. 1. видно, что существенную долю в объеме паковок, возвращаемых на повторную переработку, занимают дефекты «загрязнённость» - 6,1 % (6,0 % по весу) и «боковая намотка» - 3,2 % (3,8 % по весу). Проведенный нами анализ показал, что при боковой намотке структура и качество намотки сильно ухудшаются. При последующем сматывании этот дефект вызывает ухудшение условий сматывания и увеличение обрывности нитей.

Естественно, одним из путей снижения этих видов дефектов и отходов сырья является строгое соблюдение технологических параметров и повышение качества наладки оборудования.

Была проведена модернизация механизма раскладки этажно-крутильной машины КЭ-145-ШЛ, обеспечивающая равномерную плотность намотки вдоль образующей паковки и формирование паковок без скоса у фланцев. При проведении испытаний провели анализ переработки катушек лежень с намоткой креповых нитей из шелка-сырца 3,23 текс х 3 в процессе ткачества на ткацких станках типа СТБ (всего проверено 1856 катушек), результаты которого представлены в таблице 3.

Таблица 3

Возврат крутильных паковок с процесса ткачества после модернизации

№	Наименование дефектов намотки	Возврат, % к выработке	
		существ. техн.	опытная техн.
1.	Тонкая нить	2,22	1,77
2.	Толстая нить	0,47	0,38
3.	Боковая намотка	0,30	0,06
4.	Спутанность намотки	1,53	0,82
5.	Запутывание нитей у края намотки	1,86	-
6.	Загрязненность	0,56	0,48
7.	Перекрученная нить	2,43	1,84
	<b>Всего:</b>	<b>9,37</b>	<b>5,35</b>

Данные таблицы 3 свидетельствуют о значительном улучшении структуры и качества намотки крутильной паковки. Установлено, что возврат крутильных паковок с процесса ткачества сокращается в 1,75 раза, при этом возврат из-за дефекта «спутанность намотки» сокращается в 1,87 раза, полностью исключается возврат из-за дефекта «запутывание нитей у края намотки».

Полученные результаты могут быть применены в предприятиях шелковой промышленности.

Таким образом, по результатам работы можно сделать следующие выводы.

1. Проведён анализ качества намотки на крутильных машинах, установлены причины образования и пути устранения дефектов намотки и снижения отходов сырья при переработке креповых нитей натурального шелка.
2. Для выравнивания плотности намотки и улучшения структуры и качества намотки крутильной паковки, следует исключить скосы на торцах паковки или, что более рационально, намотку производить на бесфланцевую паковку с формированием биконической формы намотки.
3. Улучшение структуры и качества намотки нитей на паковке является важным резервом в снижении отходов сырья и повышении эффективности производства.
4. Разработана ресурсосберегающая технология снижения дефектности намотки шелковых нитей на крутильных машинах.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Валиев Г.Н. Аналитическая зависимость распределения давления крестовой намотки на её основание вдоль оси паковки при сложных формах намотки и методика её определения // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2018. - № 3. – с. 106-113 (SCOPUS, CAS (pt)).
2. Орипов Ж. И., Валиев Г. Н. Исследование качественных характеристик шёлка–сырца механического и автоматического кокономотания // Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоёмкие технологии и материалы (SMARTEX – 2020): сборник материалов XXIII международного научно-практического форума (Иваново, 20-23 октября 2020 г.). – Иваново: ИВГПУ, 2020. – 445 с., с. 84-87.

3. Валиев Г. Н., Хомидов В. О., Турдиев М. Исследование влияния скорости снования на форму баллона нити натурального шёлка // Международная научная конференция посвященная 110-летию со дня рождения профессора А.Г.Севостьянова: сборник научных трудов международной научной конференции посвященной 110-летию со дня рождения профессора А.Г.Севостьянова (Москва, 10 марта 2020 г.). Часть 2. – М.: РГУ им. Косыгина, 2020. – 302 с., с. 195-199.
4. Valiev G. N., Khomidov V. O. Study of the Shape of a Balloon of Natural Silk Thread When Winding From a Fixed Packing // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology (IJARSET). Vol. 7, Issue 8, August - 2020. – 14733-14737pp.
5. Валиев Г. Н., Хомидов В. О., Турдиев М. Способ определения технологичности нитенатяжных приборов текстильных машин // Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоёмкие технологии и материалы (SMARTEX – 2018): сборник материалов XXI международного научно-практического форума (Иваново, 26-28 сентября 2018 г.). – Иваново: ИВГПУ, 2016. – Часть 1, 303 с., с. 185-188.
6. Валиев Г. Н., Орипов Ж. И., Турдиев М. Новая технология подготовки нитей основы к ткачеству при выработке тканей крепдешин // Международная научная конференция посвященная 110-летию со дня рождения профессора А.Г.Севостьянова: сборник научных трудов международной научной конференции посвященной 110-летию со дня рождения профессора А.Г.Севостьянова (Москва, 10 марта 2020 г.). Часть 2. – М.: РГУ им. Косыгина, 2020. – 302 с., с. 147-151.
7. Валиев Г. Н., Хомидов В. О., Турдиев М. Устройство для испытания натяжных приборов текстильных машин // Дизайн, технологии и инновации в текстильной и лёгкой промышленности (ИННОВАЦИИ-2018): сборник материалов Международной научно-технической конференции (Москва, 15-16 ноября 2018 г.). Часть 1. – М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. Косыгина», 2018. – 257 с., с. 89-92.
8. Валиев Г. Н., Ахунбабаев О. А., Мирзахонов М. М. Новые структуры тканей из натурального шелка // Вестник науки и образования. – 2018. – № 12 (48). – с. 47-50.
9. Мирзахонов М. М., Валиев Г. Н. Разработка новой структуры плательно-костюмной ткани из натурального шёлка // Международная научная конференция посвященная 110-летию со дня рождения профессора А.Г.Севостьянова: сборник научных трудов международной научной конференции посвященной 110-летию со дня рождения профессора А.Г.Севостьянова (Москва, 10 марта 2020 г.). Часть 1. – М.: РГУ им. Косыгина, 2020. – 303 с., с. 261-264.
10. Усенко В. А. Шелкокручение – М.: Легкая индустрия, 1969 – 320 с.
11. Валиев Г. Н., Орипов Ж. И. Теоретическое определение распределения плотности намотки вдоль оси крутильной паковки / Научно-технический журнал Ферганского политехнического института.-Фергана. - 2018. - № 2.- с. 143-146.

## СТРУКТУРА, НОВЫЕ ПАРАМЕТРЫ СЛОЯ НАМОТКИ МОТАЛЬНОЙ ПАКОВКИ И ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ЗАВИСИМОСТИ ИХ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

### STRUCTURE, NEW PARAMETERS OF THE WINDING LAYER OF WRAPPING AND THEORETICAL DEPENDENCES OF THEIR DEFINITIONS

Г.Н. Валиев  
G.N. Valiev

Ферганский политехнический институт, Республика Узбекистан  
Fergana politechnical institute, Республика Узбекистан  
E-mail: g.valiev@ferpi.uz

**В работе исследованы некоторые параметры структуры намотки мотальной паковки. Введены новые параметры, уточняющие расположение витка намотки и определённых её слоёв в структуре намотки в целом, получены теоретические зависимости их определения.**

**Ключевые слова:** перематывание нити, мотальная паковка, бобина, структура намотки, параметры намотки.

**In this paper we did some study about structural parameters of winding a winding packing. We introduce new parameters, which specify the location of the coil winding and certain of its layers in the structure of the winding as a whole, the theoretical curves were obtained to determine them.**

**Keywords:** rewinding thread, winding packaging, bobbin, structure winding, parameters winding.

В современный период рыночных отношений при применении современных высокопроизводительных ткацких станков актуальной проблемой является обеспечение высокого качества приготовления основных и уточных нитей, которые существенно влияют на качество вырабатываемых тканей и эффективность производства.

Качество подготовки нитей к ткачеству во многом определяется качеством паковок и условиями осуществления самого технологического процесса, которое зависит от качества сырья, параметров паковки [1, с. 106-113; 2, с. 84-87] и оптимизации технологического процесса [3, с. 195-199; 4, с. 14733-14737; 5, с. 185-188], особенно при производстве тканей и переработке нитей натурального шелка [6, с. 147-151; 7, с. 89-92; 8, с. 47-50; 9, с. 261-264; 10, с. 18210-18215]. От выбора этих условий и оптимизации процессов зависит производительность оборудования, качество продукции и полуфабрикатов, выход отходов и уровень расхода сырья и материалов.

Качество формируемых мотальных паковок и производительность оборудования во многом определяется совершенствованием структуры намотки, которая характеризуется параметрами расположения витков нити: углом подъема и сдвига витков, углом скрещивания, шагом винтовой линии намотки, количеством витков, плотностью намотки и т.д.

Параметры намотки во многом зависят от кинематических характеристик мотального механизма, выраженных передаточным отношением между механизмом раскладки и паковкой, которое имеет большое значение при исследовании структуры намотки.

Ранее нами были исследованы параметры намотки на прецизионных бобинажно – мотальных машинах [11,12], по результатам которых были получены зависимость высоты намотки от наклона торца паковки и диаметра намотки:

$$H = H_0 - 0,5(d_n - d_0)(tg\beta + tg\varphi). \quad (1)$$

и зависимость угла подъема витка намотки в некоторой точке намотки от наклона торца паковки, диаметра намотки и передаточного отношения от веретена к эксцентрику механизма раскладки:



$$\alpha = \arctg \frac{[2H_0 - (d_n - d_0)(tg\beta + tg\varphi)]i}{\pi d_n}, \quad (2)$$

где  $H_0$  - начальная высота намотки;  $d_n$  - диаметр намотки в некоторой заданной точке намотки;  $d_0$  - начальный диаметр намотки в заданной точке;  $\beta, \gamma$  - углы наклона торцов паковки, образованные между нормальными к оси паковки и прямыми, лежащими на соответствующих торцевых поверхностях намотки;  $i$  - передаточное отношение от веретена к эксцентрику механизма раскладки.

Известно, что величина  $h$  шага витка на некотором участке намотки может быть определена по формуле [6, с. 37]:

$$h = \pi d_n tg\alpha. \quad (3)$$

Вставляя  $\alpha$  из (2) в это выражение (3) после преобразований, получаем приближенную формулу для определения среднего значения шага витка намотки в некоторой точке намотки при различной форме паковки:

$$h = [2H_0 - (d_n - d_0)(tg\beta + tg\varphi)]i. \quad (4)$$

Как известно, для правильного строения намотки необходимо, чтобы витки нити были равномерно распределены по поверхности паковки. Каждый последующий виток должен накладываться на поверхность паковки со смещением по отношению к предыдущему, которое определяется углом  $\psi$  сдвига. Угол  $\psi$  сдвига витков выражается следующей формулой В.А.Гордеева [13, с. 35]:

$$\psi = 2\pi(n_1 - n_1'), \quad (5)$$

где  $n_1$  - полное число оборотов бобины за время одного цикла движения нитеводителя;  $n_1'$  - целая часть числа  $n_1$ .

Выражая частоту вращения эксцентрика через частоту вращения веретена, после соответствующих преобразований имеем:

$$n_1 = \frac{1}{i}. \quad (6)$$

Подставляя (6) в (5), получаем формулу для определения угла сдвига витка намотки:

$$\psi = 2\pi \left[ \frac{1}{i} - \left( \frac{1}{i} \right)' \right]. \quad (7)$$

Известно, что смещение витков намотки по поверхности паковки [13, с. 35]:

$$\ell = r_n \psi = \frac{d_n}{2} \psi. \quad (8)$$

Подставляя (7) в это выражение, после преобразований получаем:

$$\ell = \pi d_n \left[ \frac{1}{i} - \left( \frac{1}{i} \right)' \right]. \quad (9)$$

При этом, количество витков в слое намотки:

$$K_B = \frac{n_1}{2}. \quad (10)$$

Подставляя (6) в это выражение, получаем формулу для определения количества витков в слое намотки:

$$K_B = \frac{1}{2i}. \quad (11)$$

Анализ процесса формирования паковки показывает, что при значениях угла сдвига витка  $\psi > \pi$ , последующий виток будет приближаться к предыдущему витку с его другой стороны, хотя смещение последующего витка по отношению к предыдущему увеличивается. В связи с вышеизложенным, для уточнения расположения витка в намотке и структуры намотки в целом введём новые параметры намотки – угол  $\psi_M$  между смежными витками, за который принят центральный угол на торцевой окружности паковки, образуемый между точками поворота смежных витков намотки, и расстояние  $\ell_M$  между двумя смежными витками по поверхности намотки. При этом:

а) если угол сдвига витка  $\psi \leq \pi$ , то

$$\psi_M = \psi = 2\pi \left[ \frac{1}{i} - \left( \frac{1}{i} \right)' \right]; \quad (12)$$

б) если угол сдвига витка  $\psi > \pi$ , то

$$\psi_M = 2\pi - \psi. \quad (13)$$

Подставив (7) в данное выражение, после преобразований получим:

$$\psi_M = 2\pi \left\{ 1 - \left[ \frac{1}{i} - \left( \frac{1}{i} \right)' \right] \right\}. \quad (14)$$

Аналогично длины дуги центрального угла, определим расстояние  $\ell_M$  между двумя смежными витками по поверхности намотки:

$$\ell_M = r_H \psi_M = \frac{d_H}{2} \psi_M. \quad (15)$$

Подставив в данное выражение вместо  $\psi_M$  соответственно (12) и (14), и сделав преобразования получим:

$$\ell_M = \pi d_H \left[ \frac{1}{i} - \left( \frac{1}{i} \right)' \right]; \quad \ell_M = \pi d_H \left\{ 1 - \left[ \frac{1}{i} - \left( \frac{1}{i} \right)' \right] \right\}. \quad (16)$$

при угле сдвига витка  $\psi \leq \pi$  и  $\psi > \pi$  соответственно.

Анализ полученных зависимостей (12-17) показывает, это при угле сдвига витка  $\psi \leq \pi$ , угол  $\psi_M$  между смежными витками и расстояние  $\ell_M$  между двумя смежными витками по поверхности намотки соответственно равны углу  $\psi$  сдвига витка и её смещению  $\ell$  по поверхности паковки.

По мере увеличения угла сдвига витка при  $\psi > \pi$  последующий виток постепенно приближается к предыдущему витку с его другой стороны, хотя смещение последующего витка по отношению к предыдущему увеличивается, и при этом угол  $\psi_M$  между смежными витками и расстояние  $\ell_M$  между двумя смежными витками по поверхности намотки соответственно меньше угла  $\psi$  сдвига витка и её смещения  $\ell$  по поверхности паковки.

До этого мы исследовали параметры намотки, характеризующие расположение витков нити в намотке, взаимное их размещение в элементарном слое намотки и расположение элементарных слоёв в структуре намотки.

Проведём анализ параметров формирования некоторого слоя намотки. На вращающейся паковке на одном из её торцов после каждого оборота эксцентрика будем отмечать точку, совпадающую всегда с крайним положением нитераскладчика. В каждой точке, расположенной на торце паковки, происходит поворот образованной нитью винтовой линии.

Рассмотрим последовательность распределения на торцах паковки точек поворота, от которых берут начало витки намотки. После одного оборота эксцентрика конец винтовой линии, вышедшей из какой-нибудь точки на торцевой окружности паковки, в эту точку уже не вернется. Он придет в другую точку, отстоящую от точки, из которой линия вышла, на некоторую часть окружности.

Таким образом, после каждого оборота эксцентрика следующие одна за другой точки поворота будут смещаться в направлении, обратном вращению веретена, и располагаться на торцевой окружности одна от другой под одним и тем же центральным углом, равным углу сдвига. При этом, за один оборот точки поворота витка намотки по торцевой окружности паковки, образуется равномерно распределённый по поверхности паковки некоторый слой намотки, который примем за структурный слой намотки.

На рис. 1 изображено расположение точек поворота витков намотки на торцевой окружности паковки, при этом на рис. 1а - при формировании первого структурного слоя намотки, рис. 1. б – при формировании второго структурного слоя (двух слоёв),  $1_1, 2_1, 3_1 \dots 12_1$  и  $1_2, 2_2, 3_2 \dots 12_2$  точки поворота витков намотки на торцевой окружности паковки соответственно первого и второго структурного слоя.

Таким образом, за структурный слой намотки принят некоторый слой намотки, образуемый за период, когда на одном из торцов паковки точка поворота образованной нитью винтовой линии сделает один оборот по торцевой окружности паковки.

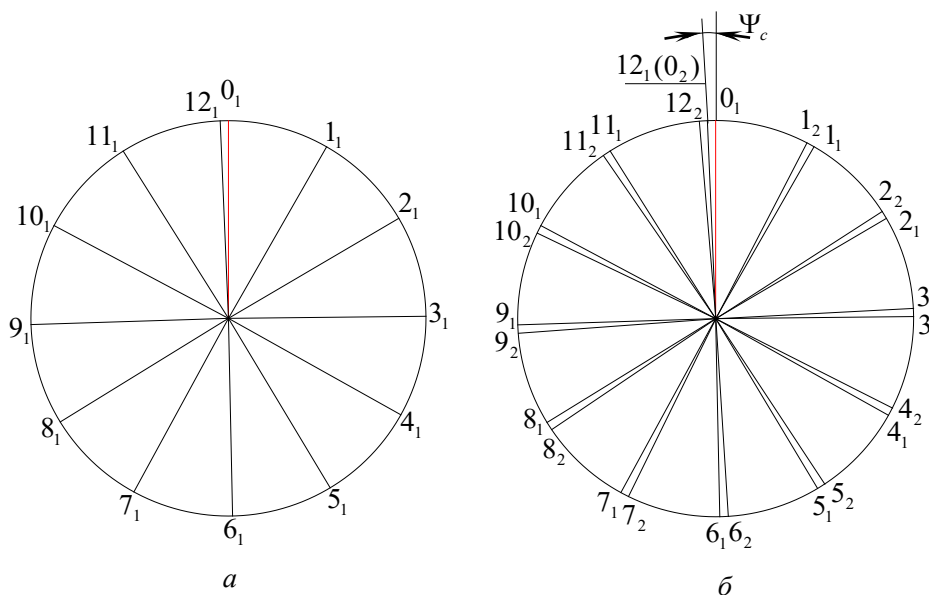


Рис. 1 Расположение точек поворота витков намотки на торцевой окружности паковки.

Определим параметры структурного слоя намотки. Количество циклов  $K_{Ц}$  раскладки за период формирования одного структурного слоя:

$$K_{Ц} = \frac{2\pi}{\psi_m}. \quad (17)$$

Выразим количество циклов  $K_{Ц}$  раскладки через передаточное отношение  $i$ . Для этого (12) и (14) подставим в (18) и соответственно получим:

$$K_{\Pi} = \frac{1}{\left[ \frac{1}{i} - \left( \frac{1}{i} \right)' \right]} ; \quad K_{\Pi} = \frac{1}{1 - \left[ \frac{1}{i} - \left( \frac{1}{i} \right)' \right]} . \quad (18)$$

$\psi \leq \pi$                        $\psi > \pi$

при угле сдвига витка и соответственно.

Количество поворотов  $K_{\Pi}$  витков нити на одном торце паковки и количество элементарных слоёв  $K_C$  в одном структурном слое катушки:

$$K_{\Pi} = K'_{\Pi}; \quad K_C = 2K_{\Pi} = \frac{4\pi}{\psi_M} . \quad (19)$$

где:  $K'_{\Pi}$  - целая часть числа  $K_{\Pi}$ .

Выражая через передаточное отношение  $i$ , получим:

$$K_C = \frac{2}{\left[ \frac{1}{i} - \left( \frac{1}{i} \right)' \right]} ; \quad K_C = \frac{2}{1 - \left[ \frac{1}{i} - \left( \frac{1}{i} \right)' \right]} . \quad (20)$$

$\psi \leq \pi$                        $\psi > \pi$

при угле сдвига витка и соответственно.

Определим смещение структурного слоя катушки по поверхности паковки по отношению к предыдущему слою, от которого зависят размеры ячеек, образуемых взаимным пересечением витков нити, и пористость слоя катушки. Угол сдвига  $\psi_c$  структурного слоя катушки:

$$\psi_c = \psi_M (K_{\Pi} - K'_{\Pi}) \quad \text{или} \quad \psi_c = 2\pi - K'_{\Pi} \psi_M \quad (21)$$

Аналогично длине дуги центрального угла, определим также смещение  $\ell_c$  структурного слоя катушки:

$$\ell_c = r_n \psi_c = \frac{d_n}{2} \psi_c . \quad (22)$$

Таким образом, по результатам работы можно сделать следующие выводы.

2. Известные параметры структуры катушки характеризуют в основном расположение витков нити в катушке, взаимное их размещение в элементарном слое катушки и расположение элементарных слоёв в структуре катушки.

2. Введены новые параметры катушки – угол между смежными витками и расстояние между смежными витками по поверхности паковки, уточняющие расположение витка катушки и структуру катушки в целом, даны их определения и теоретические зависимости их расчётов.

3. Дано новое определение термина – структурный слой катушки, введены новые параметры катушки: угол сдвига и смещение структурного слоя катушки, которые характеризуют смещение структурного слоя катушки по отношению к предыдущему и взаимное их размещение в структуре катушки, и определяют пористость слоя катушки и размеры ячеек, образуемых взаимным пересечением витков нити; количество элементарных слоёв в одном структурном слое, характеризующее плотность размещения элементарных слоёв в структурном слое катушки; количество циклов раскладки за период формирования одного структурного слоя и количество поворотов витков катушки на торце паковки в одном

структурном слое намотки, характеризующие плотность размещения точек поворота витка намотки на одном торце паковки в пределах одного структурного слоя.

4. Теоретически исследованы параметры намотки на прецизионных бобинажно - мотальных машинах и получены зависимости: шага витка намотки от наклона торца паковки, диаметра намотки и передаточного отношения от веретена к эксцентрику механизма раскладки (4); угла сдвига витка намотки (7), смещения витка намотки по поверхности паковки (9) и количества витков в слое намотки от передаточного отношения от веретена к эксцентрику механизма раскладки (11); угла между смежными витками (12, 14); расстояния между смежными витками по поверхности намотки (15, 16); количества циклов раскладки за период формирования одного структурного слоя намотки (17, 18); количества поворотов витков нити на одном торце паковки в одном структурном слое намотки (19); количества элементарных слоёв в одном структурном слое намотки (20); угла сдвига структурного слоя намотки (21); смещения структурного слоя намотки (22).

5. На прецизионных мотальных машинах угол подъема и шаг витка намотки прямо пропорциональны передаточному отношению от веретена к эксцентрику механизма раскладки, при этом по мере формирования паковки угол подъема и шаг витка намотки уменьшаются, причем, чем больше угол наклона торца паковки, тем меньше угол подъема и шаг витка намотки, а количество витков в слое намотки обратно пропорционально удвоенному значению передаточного отношения от веретена к эксцентрику механизма раскладки.

6. При угле сдвига витка  $\psi \leq \pi$ , угол  $\psi_m$  между смежными витками и расстояние  $\ell_m$  между двумя смежными витками по поверхности намотки соответственно равны углу  $\psi$  сдвига витка и её смещению  $\ell$  по поверхности паковки.

7. По мере увеличения угла сдвига витка при  $\psi > \pi$  последующий виток постепенно приближается к предыдущему витку с его другой стороны, хотя смещение последующего витка по отношению к предыдущему увеличивается, и при этом угол  $\psi_m$  между смежными витками и расстояние  $\ell_m$  между двумя смежными витками по поверхности намотки соответственно меньше угла  $\psi$  сдвига витка и её смещения  $\ell$  по поверхности паковки.

8. Полученные зависимости параметров намотки можно использовать при решении различных задач, анализе и оптимизации структуры намотки нити на паковках различной формы, а также при разработке и проектировании новых прецизионных мотальных машин и механизмов наматывания нити.

#### ЛИТЕРАТУРА

12. Валиев Г.Н. Аналитическая зависимость распределения давления крестовой намотки на её основание вдоль оси паковки при сложных формах намотки и методика её определения // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2018. - № 3. – с. 106-113 (SCOPUS, CAS(pt)).

13. Орипов Ж. И., Валиев Г. Н. Исследование качественных характеристик шёлка–сырца механического и автоматического кокономотания // Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоёмкие технологии и материалы (SMARTEX – 2020): сборник материалов XXIII международного научно-практического форума (Иваново, 20-23 октября 2020 г.). – Иваново: ИВГПУ, 2020. – 445 с., с. 84-87.

14. Валиев Г. Н., Хомидов В. О., Турдиев М. Исследование влияния скорости снования на форму баллона нити натурального шёлка // Международная научная конференция посвященная 110-летию со дня рождения профессора А.Г.Севостьянова: сборник научных трудов международной научной конференции посвященной 110-летию со дня рождения профессора А.Г.Севостьянова (Москва, 10 марта 2020 г.). Часть 2. – М.: РГУ им. Косыгина, 2020. – 302 с., с. 195-199.

15. Valiev G. N., Khomidov V. O. Study of the Shape of a Balloon of Natural Silk Thread When Winding From a Fixed Packing // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology (IJARSET). Vol. 7, Issue 8, August - 2020. – 14733-14737 pp.
16. Валиев Г. Н., Хомидов В. О., Турдиев М. Способ определения технологичности нитенатяжных приборов текстильных машин // Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоёмкие технологии и материалы (SMARTEX – 2018): сборник материалов XXI международного научно-практического форума (Иваново, 26-28 сентября 2018 г.). – Иваново: ИВГПУ, 2016. – Часть 1, 303 с., с. 185-188.
17. Валиев Г. Н., Орипов Ж. И., Турдиев М. Новая технология подготовки нитей основы к ткачеству при выработке тканей крепдешин // Международная научная конференция посвященная 110-летию со дня рождения профессора А.Г.Севостьянова: сборник научных трудов международной научной конференции посвященной 110-летию со дня рождения профессора А.Г.Севостьянова (Москва, 10 марта 2020 г.). Часть 2. – М.: РГУ им. Косыгина, 2020. – 302 с., с. 147-151.
18. Валиев Г. Н., Хомидов В. О., Турдиев М. Устройство для испытания натяжных приборов текстильных машин // Дизайн, технологии и инновации в текстильной и лёгкой промышленности (ИННОВАЦИИ-2018): сборник материалов Международной научно-технической конференции (Москва, 15-16 ноября 2018 г.). Часть 1. – М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. Косыгина», 2018. – 257 с., с. 89-92.
19. Валиев Г. Н., Ахунбабаев О. А., Мирзахонов М. М. Новые структуры тканей из натурального шелка // Вестник науки и образования. – 2018. – № 12 (48). – с. 47-50.
20. Мирзахонов М. М., Валиев Г. Н. Разработка новой структуры плательно-костюмной ткани из натурального шёлка // Международная научная конференция посвященная 110-летию со дня рождения профессора А.Г.Севостьянова: сборник научных трудов международной научной конференции посвященной 110-летию со дня рождения профессора А.Г.Севостьянова (Москва, 10 марта 2020 г.). Часть 1. – М.: РГУ им. Косыгина, 2020. – 303 с., с. 261-264.
21. Tuychiev I. I., Valiev G. N., Akhunbabaev U. O. New resource-saving technology for processing unsuitable cocoons for unwinding in canvas // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology (IJARSET). Vol. 8, Issue 9, September - 2021. – 18210-18215 pp.
22. Валиев Г.Н. Совершенствование процесса размотки мотков с целью улучшения качества выходной паковки. Дис. ... к.т.н. Ташкент, 1991.
23. Валиев Г.Н., Алимбаев Э.Ш. Зависимость угла подъёма витка намотки от наклона торца паковки // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1993. - № 2. – с. 39-43.
24. Гордеев В.А., Волков П.В. Ткачество. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 488 с.

## 3D ПЕЧАТЬ ТЕКСТИЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ

### 3D PRINTING OF TEXTILE PRODUCTS

А.П. Гречухин, А. Хабибуллоев, П.Н. Рудовский, М.Д. Рудковский  
A.P. Grechukhin, A. Habibulloev, P.N. Rudovsky, M.D. Rudkovskiy

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

В представленной работе предложен способ печати гибкого тканого аналога ткани. Печать проводили по технологии FDM. В качестве основного материала использовали термопластичный полиуретан, а в качестве вспомогательного пластика поливиниловый спирт (PVA). Комбинируя размеры зазоров между нитями в 3D модели возможно добиться печати такого материала, который обеспечивал бы подвижность частей, тем самым имитируя текстильную ткань.

Ключевые слова: 3D печать; 3D модель; ткань; материал поддержки; термопластичный полиуретан; поливиниловый спирт; PVA.

In the present paper, a method for printing a flexible woven analog of a fabric is proposed. The printing was carried out using the FDM technology. Thermoplastic polyurethane was used as the main material, and polyvinyl alcohol (PVA) was used as an auxiliary plastic. By combining the dimensions of the gaps between the threads in a 3D model, it is possible to achieve printing of such a material that would ensure the mobility of the parts, thereby imitating a textile fabric.

Keywords: 3D printing; 3D model; fabric; support material; thermoplastic polyurethane; polyvinyl alcohol; Flex; PVA

Современные технологии изготовления материалов позволяют эффективно заменять традиционные технологические процессы. В области технологии создания тканей появляется возможность использовать 3Dпечать для создания аналогов тканых изделий. Основные преимущества 3D печати заключаются в возможности использовать большее количество материалов и их комбинаций, а также в возможности создания более разнообразных 3D структур. 3D печать позволяет намного быстрее получить опытный образец изделия.

В данном направлении существует большое количество ограничений и технических сложностей [1-11], однако их решение позволит существенно расширить возможности по созданию новых материалов.

Аналог ткани достаточно сложно получить методами 3D печати. Это связано с материалом для печати, технологией печати и со способами создания 3D моделей для печати.

Поэтому исследования в данном направлении актуальны и позволят создать задел для широкого распространения 3Dпечати для изготовления персонализированных изделий.

Основные свойства аналога однослойной ткани, который может быть напечатан на 3D принтере – гибкость и подвижность структуры.

Эти свойства определяют текстильное изделие (ткань или трикотаж).

Не все свойства требуются для достижения требуемых эксплуатационных показателей. В этом и заключается будущее 3D печати применительно к созданию аналогов текстильной ткани или трикотажа. С помощью 3D печати возможно получить требуемый набор свойств, «отключив» остальные.

Для создания опытного образца использовалась наиболее распространенная технология 3D печати – FDM (fused deposition modeling) с печатью двумя материалами. Один материал – основной, предназначен для формирования материала изделия, а второй – растворимый используется для заполнения зазоров между системами «нитей».

Для отработки технологии 3D печати аналога ткани использовался термопластичный полиуретан в комбинации с пластиком поливиниловым спиртом (PVA).

Термопластичный полиуретан может деформироваться более чем на 50% в отличие от других пластиков для 3D печати. 3D модель материала построена таким образом, чтобы после растворения PVA пластика основная структура материала максимально соответствовала структуре ткани. Структурные параметры ткани при моделировании принимались по рекомендациям, изложенным в [12], а форма поперечного сечения нити с использованием [13].

Для печати использовался 3Dпринтер Picaso Designer XPro. Модель изделия для печати представлена на рис.1.

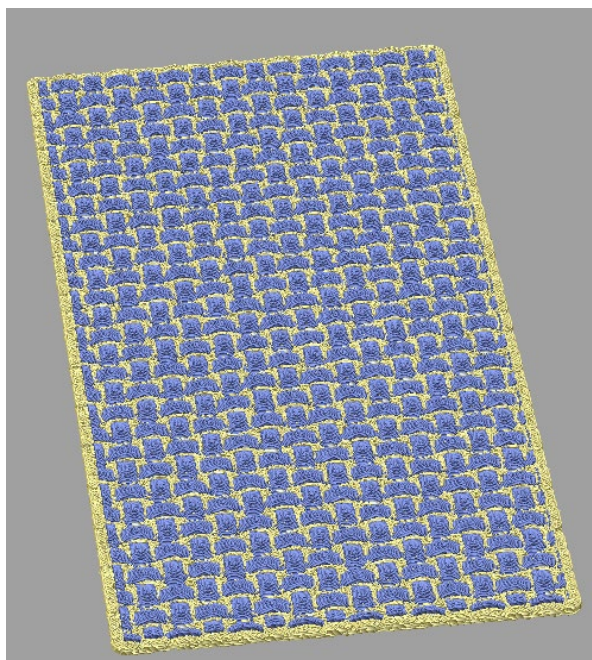


Рис. 1. Модель материала для печати с поддержкой

Внешний вид материала до удаления растворимого пластика показан на рис. 2.



Рис.2. Внешний вид материала до удаления растворимого пластика



После завершения 3D печати полученное изделие погружалось в теплую воду на 20 минут для растворения пластика, моделирующего зазоры между «нитьями», и просушивалось при комнатной температуре.

При достаточном зазоре между нитями после растворения пластика PVАнити приобретают подвижность друг относительно друга. Это видно по деформации сдвига (Рис.3)

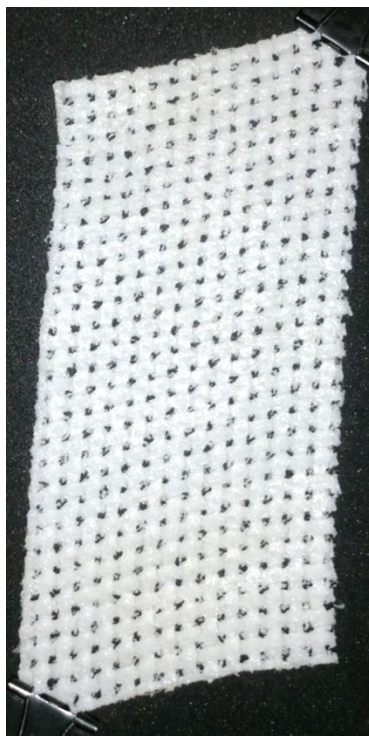


Рис.3. Образец ткани, напечатанный на 3Dпринтере.

Данный образец может быть смят и потом он легко восстанавливает форму (рис.4).



Рис. 4. Способность образца сминаться

Таким образом, предлагаемая технология получения аналога ткани путем 3D печати позволяет получить изделие, приближенное к ткани по параметрам гибкости и подвижности структуры.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Melnikova, R., Ehrmann, A., and Finsterbusch, K. (2014). 3D printing of textile-based structures by fused deposition modelling (FDM) with different polymer materials. *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.* 62:012018. doi: 10.1088/1757-899X/62/1/012018.
2. Haruki Takahashi and Jeeun Kim. 2019. 3D Printed Fabric: Techniques for Design and 3D Weaving Programmable Textiles. In *Proceedings of the 32nd Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology (2019)*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 43-51. DOI: 10.1145/3332165.3347896.
3. Spahiu, T. et al. 3D printing for clothing production. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*. 2020: 15:43-51. DOI:10.1177/1558925020948216.
4. Forman, Jack et al. DefeXtiles: 3D Printing Quasi-Woven Fabric via Under-Extrusion. *Proceedings of the 33rd Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*. 2020: 1222-1233. DOI: 10.1145/3379337.3415876.
5. Uysal, R, Stubbs, J. A new method of printing multi-material textiles by fused deposition modelling (FDM). *Tekstilec* 2019; 62(4): 248–257.
6. Scott E. Hudson. 2014. Printing teddy bears: a technique for 3D printing of soft interactive objects. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '14)*, 459–468. DOI: 10.1145/2556288.2557338.
7. Huaishu Peng, Jennifer Mankoff, Scott E. Hudson, and James McCann. Layered Fabric 3D Printer for Soft Interactive Objects. In *Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (2015)*, 1789–1798. DOI: 10.1145/2702123.2702327.
8. M. Beecroft. 2016. 3D printing of weft knitted textile based structures by selective laser sintering of nylon powder. *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.* 137, (July 2016), 2017. DOI: 10.1088/1757-899X/137/1/012017.
9. Gürcüm BH, Börklü HR, Seezer K, et al. Implementing 3D printed structures as the newest textile form. *J Fashion Tech Text Eng* 2018; S4: 19. DOI:10.4172/2329-9568.S4-019.
10. Alexandra Ion, Robert Kovacs, Oliver S. Schneider, Pedro Lopes, and Patrick Baudisch. 2018. Metamaterial Textures. In *Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '18)*. ACM, New York, NY, USA, Article 336, 12 pages. DOI: <https://doi.org/10.1145/3173574.3173910>.
11. Julian Panetta, Qingnan Zhou, Luigi Malomo, Nico Pietroni, Paolo Cignoni, and Denis Zorin. 2015. Elastic Textures for Additive Fabrication. *ACM Trans. Graph.* 34, 4, Article 135 (July 2015), 12 pages. DOI: <https://doi.org/10.1145/2766937>.
12. Гречухин А.П., Рудовский П.Н. Развитие теории строения и формирования однослойных тканей/ Кострома, 2017.
13. Гречухин, А.П. Методика построения трехмерной модели ткани из углеродных нитей / А.П. Гречухин, Д.В. Зайцев, С.Н. Ушаков, П.Н. Рудовский // *Известия вузов. Технология текстильной промышленности*. – 2017. – № 3. – С. 140–144.

## **3D ОРТОГОНАЛЬНЫЕ ТКАНИ ДЛЯ СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ БРОНЕЗАЩИТЫ**

### **3D ORTHOGONAL FABRICS FOR PERSONAL ARMOR PROTECTION EQUIPMENT**

А.П. Гречухин, А. Хабибуллоев, П.Н. Рудовский, М.Д. Рудковский  
A.P. Grechukhin, A. Habibulloev, P.N. Rudovsky, M.D. Rudkovskiy

Костромской государственный университет  
KostromaStateUniversity  
E-mail: niskstu@yandex.ru

В представленной работе проводили сравнение материалов на основе 3D ортогональных тканей (из арамидных нитей) с материалами-аналогами путем количественной оценки степени гашения кинетической энергии пули, которая эту ткань пробивает. Эксперименты проводили виртуально с использованием методов численного моделирования. Для изделия в виде ткани вертикальные нити утка должны иметь минимальную линейную плотность, а для изделия в виде композита необходимо в дальнейшем определить оптимальное соотношение линейных плотностей нитей за счет более качественного численного моделирования и определить диапазон используемых линейных пряж для проведения натурных испытаний.

**Ключевые слова:** трехмерная ортогональная ткань, параметры ткани, композит, пуля, 3D-модель ткани, бронезащита.

In the presented work, materials based on 3D orthogonal fabrics (made of aramid threads) were compared with analogous materials by quantifying the degree of quenching of the kinetic energy of a bullet that penetrates this fabric. The experiments were carried out virtually using numerical modeling methods. For a product in the form of a fabric, vertical weft threads should have a minimum linear density, and for a product in the form of a composite, it is necessary to further determine the optimal ratio of linear thread densities due to better numerical modeling and determine the range of linear yarns used for field tests.

**Keywords:** three-dimensional orthogonal fabric, fabric parameters, composite, bullet, 3D fabric model, armor protection

Трехмерные цельнотканые материалы исследуются уже продолжительное время. При этом существует множество обоснований того, почему данные материалы имеют преимущества перед слоистыми изделиями, полученнымисклеиванием однослойных и многослойных тканей небольшой толщины. В последнее время производители начинают внедрение новых материалов на основе трехмерных тканей, т.к. двумерные текстильные материалы уже не позволяют добиться существенных преимуществ в прочности и снижении веса [1]. Существует несколько принципиально различных технологических вариантов создания трехмерных текстильных изделий - классические многослойные ткани, слоисто-каркасные ткани, трехмерные ортогональные ткани и т.д. Поэтому говорить о преимуществах трехмерных тканых материалах надо не просто в контексте 3D структуры, а в контексте вида нагрузки, типа переплетения и технологии изготовления.

3D текстильный материал в различном виде (ткань и композит) по-разному работает при нагружении. Например, в исследовании [5] указано на важную роль армирования в третьем направлении наповышение ударной прочности композитного изделия. В тоже время в работе [3] делается вывод о том, что нить, формирующая третье направление, гасит только 1 % энергии удара (по лицевой стороне ткани) и она должна быть максимально тонкой.

В отличие от прочих трехмерных текстильных материалов, в 3D ортогональных тканях нити располагаются практически без изгибов [4]. В результате этого изделия имеют повышенную на 15 – 20% прочность к ударным воздействиям. Повышение прочности

обеспечивается за счет того, что энергия удара или силовое воздействие на материал распространяется на большую площадь [5–9].

В Костромском государственном университете разработана технология формирования 3D ортогональных тканей с перевязкой одной системой нитей в зоне формирования [10]. В работах [11, 13] приведены рекомендации по реализации предложенной технологии.

В данной работе анализируются различные варианты изготовления изделий на базе 3D ортогональных тканей для использования в составе средств индивидуальной бронезащиты.

Для этого проводили сравнение материалов на основе 3D ортогональных тканей (из арамидных нитей) с материалами-аналогами путем количественной оценки степени гашения кинетической энергии пули, которая эту ткань пробивает. Эксперименты проводили виртуально с использованием методов численного моделирования.

Моделирование пробития ткани осуществлялось следующим образом: строилась 3D модель пряжи, формирующей ткань, затем собиралась 3D модель ткани, строилась сетка конечных элементов, прикладывались нагрузки и задавались начальные условия, проводился расчет. Размер моделируемых материалов 100×100 мм.

Параметры пули использовали по ГОСТ 34282-2017 (Защита броневая автомобилей. Общие технические требования) для расчета по классу бронезащиты БР-3. Для расчетов массу пули принимали 6 г и скорость 450 м/с, что соответствует 607 Дж кинетической энергии. Пуля состояла из двух частей – пуля и стальной термоупрочненный сердечник.

Проводили испытания материалов в виде ткани и виде композита. Для моделирования использовали ПО LS-Dyna[14]. Края материала фиксировались жестко.

На начальном этапе моделировали трехслойные ткани на основе тканей полотняного переплетения (поверхностная плотность 1,692 кг/м<sup>2</sup>) и 3D ортогональных тканей (поверхностная плотность 1,665 кг/м<sup>2</sup>).

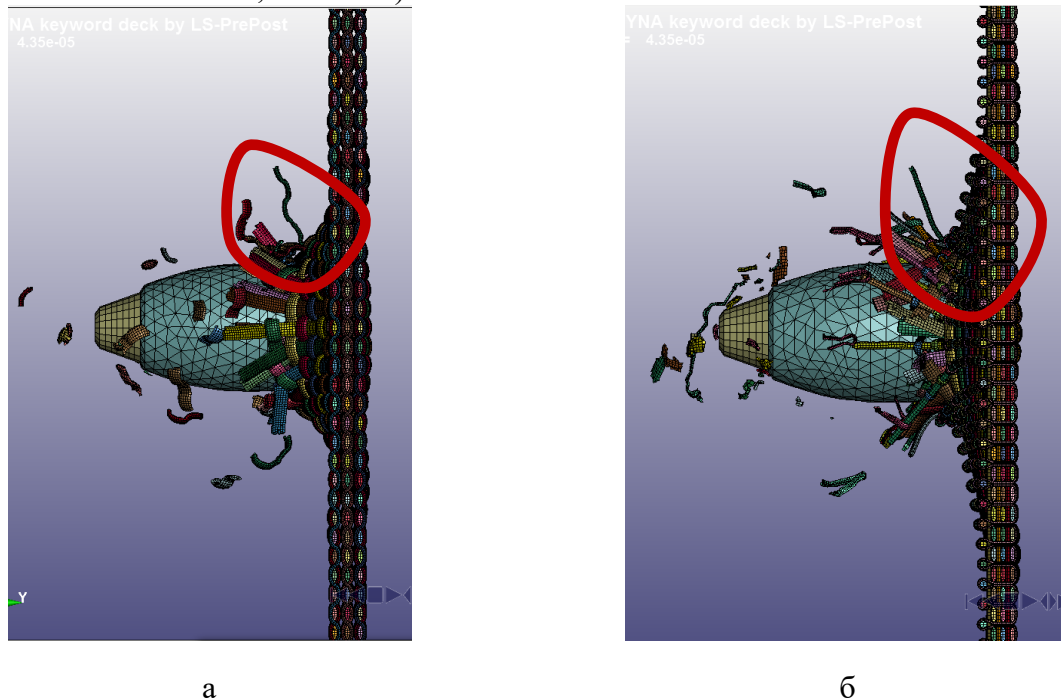


Рис. 1. Пробитие трехслойных тканей (а – плотное, б – 3D ортогональная ткань)

Ткань полотняного переплетения гасит 12,75 Дж кинетической энергии, а 3D ортогональная ткань 19,9 Дж. На рис. 1 видно, что большая площадь 3D ортогональной ткани изогнулась от воздействия пули. При моделировании пробития ткани со скоростью пули 200 м/с этот эффект виден еще больше (Рис.2).

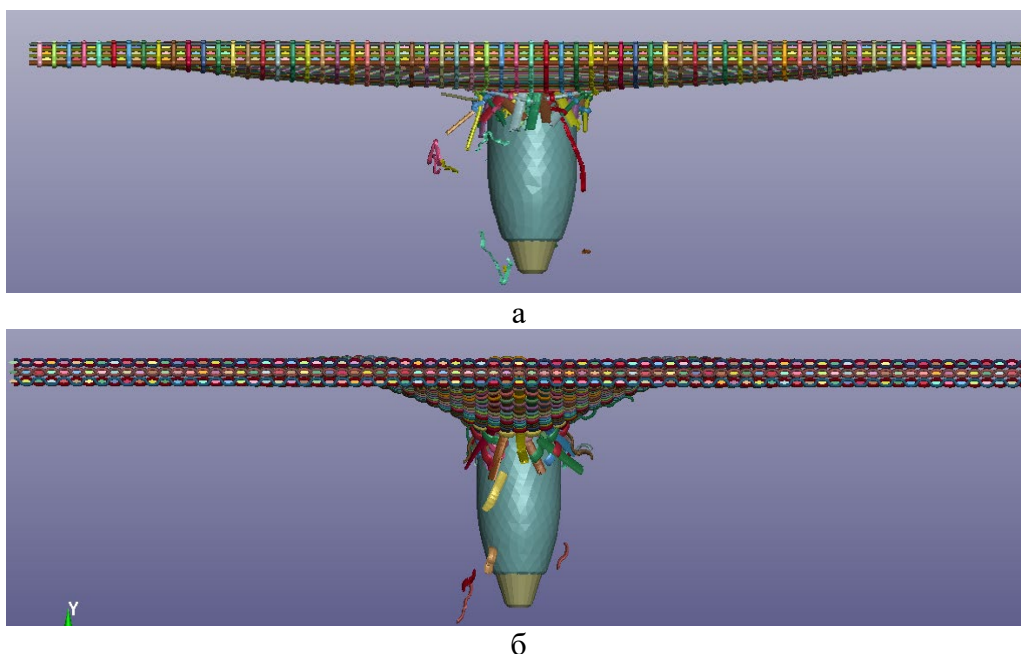


Рис. 2. Скорость пули 200 м/с (а – 3D ортогональная ткань, б - полотно)

Далее проводили моделирование для материалов на основе тканей полотняного переплетения из 9 слоев и 3 слоев трехслойной ортогональной ткани (поверхностная плотность обоих образцов около 5кг/м<sup>2</sup>). Результат моделирования представлен на рис. 3.

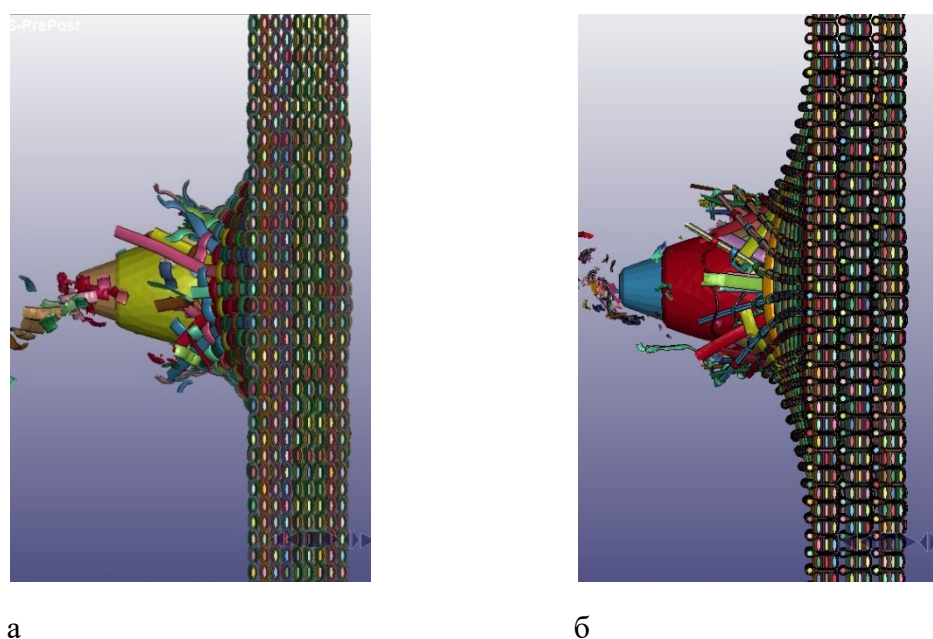
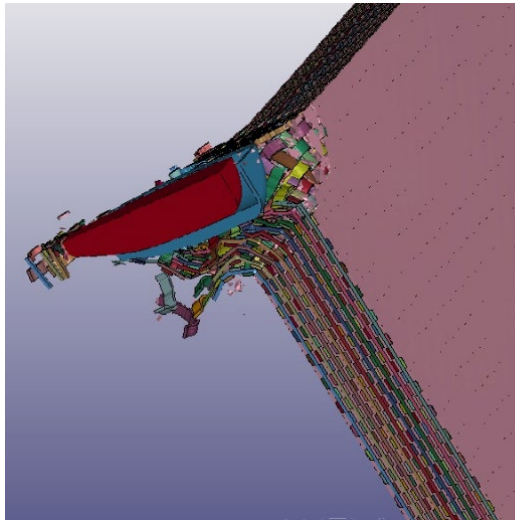


Рис. 3. Моделирование пробития 9-ти слойной ткани полотняного переплетения и 3D ортогональной ткани (а – полотно, б – 3D ортогональная ткань)

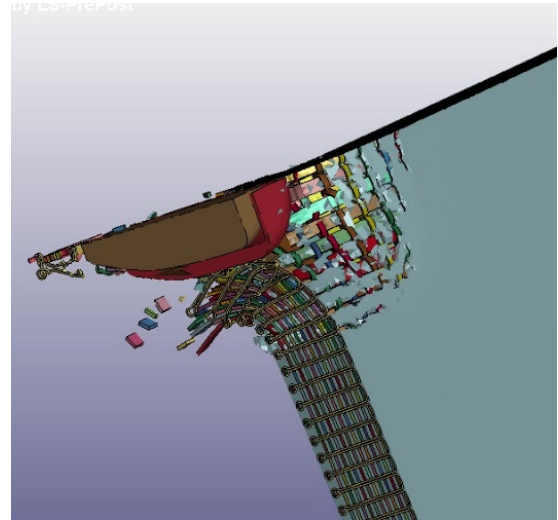
При использовании ткани полотняного переплетения уменьшение кинетической энергии пули составило 85 Дж, а при 3D ортогональной ткани – 112 Дж. Разница составляет 31,7 % или 5,3 % от начальной скорости пули.

Далее моделировали пробитие трех композиционных материалов – на основе ткани полотняного переплетения, на основе 3D ортогональной ткани, на основе 3D ортогональной ткани с увеличенной толщиной нитей вертикального утка (равной линейной плотности нитей основы). В эксперименте моделировали  $\frac{1}{4}$  реального образца. Это связано с симметричностью задачи (Рис. 4).

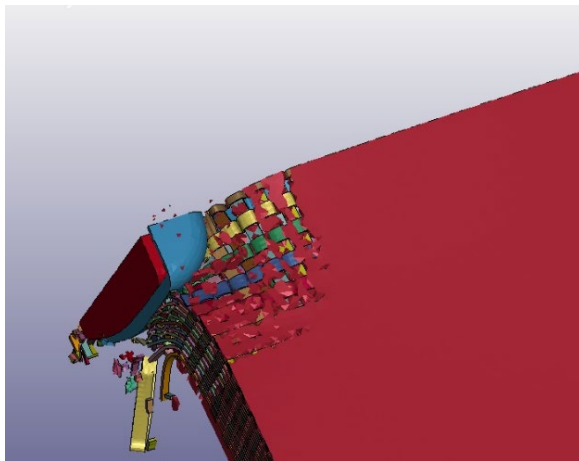




а)



б)



в)

Рис. 4. Моделирование разрушения композита (а – полотно, б – 3Дортогональная ткань, в - 3Дортогональная ткань с увеличенными вертикальными нитями).

В композите на базе ткани полотняного переплетения наблюдается намного меньшая зона поражения со стороны влета пули. При использовании 3Дортогональных тканей в качестве армирующей основы падение кинетической энергии пули больше на величину от 10% до 23%.

Для изделия в виде ткани вертикальные нити утка должны иметь минимальную линейную плотность, а для изделия в виде композита необходимо в дальнейшем определить оптимальное соотношение линейных плотностей нитей за счет более качественного численного моделирования и определить диапазон используемых линейных праж для проведения натурных испытаний.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. К. И. Донецкий, А. Е. Раскутин, П. А. Хилов, Ю. В. Лукьяненко, П. Г. Белинис, and А. А. Коротыгин. "Объемные текстильные преформы, используемые при изготовлении полимерных композиционных материалов (обзор)" Труды ВИАМ, no. 9, 2015, pp. 75-83.
2. Bilisik K, Karaduman NS, Bilisik NE. 3D fabrics for technical textile applications. In: Jeon HY, editor. Non-woven Fabrics. Intec. - 2016.-P. 81-141.

3. XiwenJia., Baozhong Sun, BohongGu. Ballistic penetration of conically cylindrical steel projectile into 3D orthogonal woven composite: a finite element study at microstructure level. *Journal of Composite Materials* 45(9) 965–987 (2010).
4. Rajesh Mishra, Bijoya Kumar Behera, Jiri Militky. Impact simulation of three-dimensional woven kevlar-epoxy composites / Mishra Rajesh, Kumar BeheraBijoya, MilitkyJiri// *Journal of industrial textiles.*- 2016.- Vol. 45.- P. 978-994.
5. Risicato Jean-Vincent, Legrand Xavier, Soulat Damien, KoncarsVladan. Innovative geometrical pre-mesh modeling strategy for 3D fibre preform manufacturing / Jean-Vincent Risicato, Xavier Legrand, Damien Soulat, VladanKoncars// *Journal of industrial textiles.*- 2014.- Vol. 44.- P. 447-462.
6. Pibo Ma, ZheGao. A review on the impact tension behaviors of textile structural composites/ Ma Pibo, Gao Zhe// *Journal of industrial textiles.*- 2013.- Vol. 44.- P. 572-604.
7. XiwenJia, Baozhong Sun, BohongGua. Numerical Simulation on Ballistic Penetration Damage of 3D Orthogonal Woven Fabric at Microstructure Level / JiaXiwen, Sun Baozhong , GuaBohong// *International Journal of Damage Mechanics.*- 2012.- Vol. 21.- P. 237-266.
8. Baucom J. N., Zikry M. A. Evolution of Failure Mechanisms in 2D and 3D Woven Composite Systems Under Quasi-static Perforation / J. N. Baucom, M. A. Zikry// *Journal of Composite Materials.*- 2005.- Vol. 39.- P. 851-863.
9. Гречухин А.П. Способ формирования 3D-ортогонального тканого волокнистого материала/ А.П. Гречухин, С.Н. Ушаков, Д.В Зайцев, Л.А.Тихомиров // *Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности.* 2016. № 6 (366). С. 118-122.
10. Патент RU 2643659. Способ формирования трехмерной ортогональной ткани / Гречухин А.П. и др. - 02.02.2018.Гречухин А.П., Ушаков С.Н., ТихомировЛ.А.
11. Гречухин А.П., Ушаков С.Н., Рудовский П.Н., Палочкин С.В.Определение рациональных параметров системы заправки нитей при формировании трехмерного ортогонального тканого волокнистого материала. *Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности.* 2018. № 5 (377). С. 111-115.
12. Ушаков С.Н., Гречухин А.П., Рудовский П.Н., Палочкин С.В.Влияние величины смещения слоя горизонтального утка на плотность расположения вертикальных слоев нитей при формировании трехмерных ортогональных тканей. *Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности.* 2018. № 6 (378). С. 96-100.
13. Гречухин А.П., Рудовский П.Н.Развитие теории строения и формирования однослойных тканей. Кострома, 2017.
14. LS-DYNA keyword user`s manual volume II. Material models – Livermore: Livermore Software Technology Corporation. – 2018, 1619 p.

## ОСОБЕННОСТИ СИМУЛЯЦИИ СЛОЖНОФАКТУРНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ВОРСОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

### PECULIARITIES OF SIMULATION OF DIFFICULT SURFACE OF PILE MATERIALS

М.А. Гусева, Е.Г. Андреева, К. Али кызы  
M.A. Guseva, E.G. Andreeva, K. Aly kyzy

Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина  
(Технологии. Дизайн. Искусство), Москва  
The Kosygin State University of Russia, Moscow  
E-mail: guseva\_marina67@mail.ru

Актуальным трендом развития процесса проектирования одежды является использование графических программ–симуляторов примерок. Трехмерная визуализация образа проектируемого изделия позволяет оценить дизайн модели и конструктивное решение. В статье представлена характеристика процесса визуального представления сложной фактуры ворсовых материалов виртуального двойника изделия инструментарием популярной САПР CLO3D.

**Ключевые слова:** цифровые двойники изделий, сложнофактурная поверхность, синтетический мех.

The current trend in the development of the clothing design process is the use of graphic fitting simulator programs. Three-dimensional visualization of the image of the designed product allows you to evaluate the design of the model and the constructive solution. The article presents a characteristic of the process of visual representation of a complex texture of pile materials of a virtual twin of a product using the tools of the popular CAD CLO3D.

**Key words:** digital twins of products, complex surface, synthetic fur.

Отличительной чертой современного развития мировой моды является снижение объемов продаж одежды из натурального меха. Негативное влияние на развитие отрасли оказала пандемия, которая привела к закрытию звероферм на карантин, сокращению племенного поголовья и поставила мировые пушные аукционы на грань закрытия. Снижение востребованности на пушно-меховое сырье и полуфабрикаты сказалось на ценах, в 2020 г. стоимость одной шкурки американской норки упала с 66,4 до 15,1 евро [1], при этом эксперты отмечали низкое качество меха, характерное для продукции поставщиков из Китая. Другими причинами кризиса мехового производства признаны: снижение платежеспособности потребителей, длительная изоляция государств в период пандемии, трудовая деятельность в дистанционных условиях, закрытие публичных развлекательных мероприятий и т.п., что снизило значимость меховой одежды как символа роскоши [2].

В качестве альтернативы натуральному меху швейными предприятиями выбирается искусственный мех, наиболее востребованными видами которого стали ворсовые материалы, имитирующие волосяной покров кролика, шиншиллы, лисицы, енотовидной собаки [3]. Отечественные производители работают с ткаными, трикотажными и тафтинговыми материалами-имитаторами пушнины. Преимуществами искусственного меха являются формоустойчивость, низкая растяжимость грунта, устойчивость ворса к истиранию (до 50%, согласно ГОСТ), несминаемость (не менее 70%), что позволяет материалу длительный период сохранять свои эстетические свойства. Включение в волокнистый состав ворса современных имитаторов меха натуральных волокон (шерсть, хлопок, вискоза) позволяет повышать визуальное сходство материала с натуральным аналогом и улучшить его тактильные характеристики, а использование синтетической пряжи для выработки искусственного меха повышает его износостойкость [4].



Экспресс-опрос, проведенный в торговых залах магазинов Москвы и Московской области, показал, что покупатели при выборе изделий с деталями из ворсовых материалов обращают внимание на сходство аналога с натуральным мехом. Для потребителей, следящих за модными тенденциями [5], приоритетными являются дизайн модели (83%) и эстетические свойства (73%) искусственного меха. Кроме того, подавляющее большинство респондентов в качестве базового критерия, влияющего на принятие решения о покупке, отмечали низкую стоимость изделий из меховых имитаторов. Принадлежность исследуемого ассортимента к более низкой ценовой категории стимулирует покупателей к обновлению гардероба в соответствии с модными новинками в промышленных коллекциях.

В качестве объектов исследования выбраны модели женской одежды, дизайн которых основан на комбинировании материалов различной фактуры. Согласно модным тенденциям современного периода меховые элементы в платьях, пальто, куртках, жакетах проектируют различными по конфигурации и площади. Востребованы изделия с крупными (рукава, части стана, юбки, воротники) и мелкими (карманы, паты, погоны, манжеты, пояса и т.д.) меховыми деталями [5]. Дизайн проектируемых моделей одежды разрабатывали с использованием САПР CLO3D [6]. Визуализация образа в среде программы-симулятора позволяет адекватно отражать посадку изделий, поскольку в качестве исходного трехмерного объекта могут быть выбраны как типовые электронные двойники из базы САПР, так и сканированные аватары, телосложение которых соответствует индивидуальным фигурам [7]. Процесс разработки композиционного и конструктивно-технологического решений моделей одежды из текстиля, как с гладкой, так и ворсовой поверхностью, основан на единых алгоритмах. Цифровой формат позволяет оптимизировать основные стадии проектирования одежды [8]. Моделирование ворсовой поверхности в трехмерном пространстве отличается от аналогичного процесса проектирования изделий из гладких материалов. Виртуальный двойник мехового изделия может быть сформирован в виде двуслойной оболочки, конфигурация внутреннего слоя которой соответствует габаритам одежды, а внешний слой ограничивает контуры волосяного покрова/ ворса виртуального аналога материала. Виртуальная двуслойная оболочка, как и натуральный аналог, характеризуется переменной толщиной, поскольку на естественную толщину волосяного покрова меха в изделии влияют опушенность шкурки, угол наклона роста волос. Такое изображение модели информативно только для проектировщика.

В современных условиях производство дорогостоящих изделий из меха целесообразно развивать в направлении кастомизации типовых решений швейной продукции, когда для визуальной оценки и корректировки дизайна моделей и материалов привлекают потребителей [9]. Швейные предприятия, внедряющие стратегию кастомизации продукции, используют *fashion marketing* в процессе проектных работ, чтобы учитывать пожелания клиентов и модернизировать базовую продукцию, что позволяет повышать спрос и удовлетворенность потребителей, минимизировать товарные остатки. Визуализировать образ проектируемых изделий на любой стадии проектных работ в настоящее время стало возможным благодаря сформированным у персонала швейных предприятий навыкам работ в трехмерных графических программах-симуляторах примерок.

Анализ инструментария популярной САПР CLO3D показал, что программа предоставляет пользователям возможность адекватной визуализации фактуры ворсовых материалов и волосяного покрова натурального меха. Установлено, что представление в графической среде образа изделий из искусственного меха менее трудоемко, по сравнению со шкурковыми аналогами. Волосяной покров животных неравномерен по длине, так как в зависимости от вида меха прослеживается разница в извитости, наклоне, густоте и длинах остевых, пуховых, кроющих волос [10], для шкурок характерна топографическая изменчивость свойств волосяного покрова [11]. Ворс искусственного меха, как правило, выровнен по длине, исключения составляют материалы с креативной фактурой. Поэтому в разработанном авторами алгоритме действий проектировщика предусмотрены этапы анализа имитируемой фактуры и определение взаимосвязи геометрических свойств волосяного покрова

(или ворса) параметров изображения и их цифровых двойников для достоверной визуализации конструктивно-технологических решений моделей меховой одежды (рис. 1).

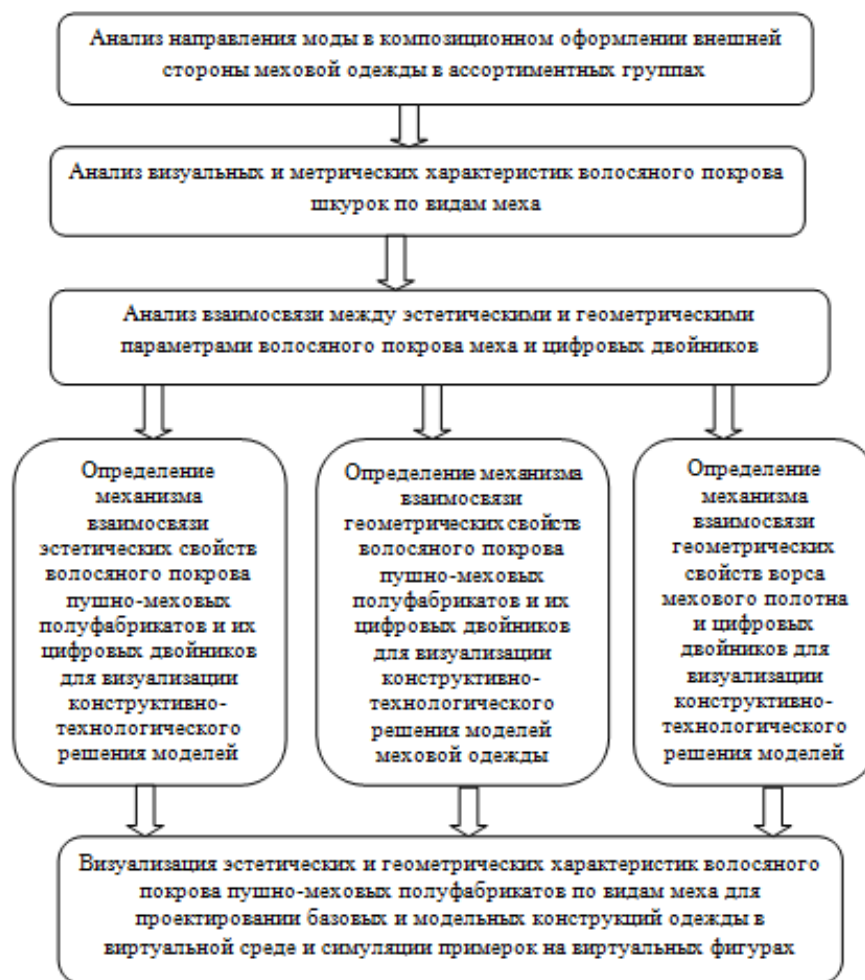
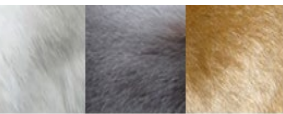


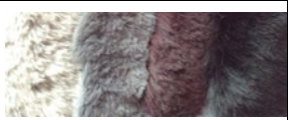
Рис. 1. Обобщенный алгоритм процесса определения параметров визуализации материалов с ворсовой поверхностью и пушно-меховых полуфабрикатов (по видам меха) в зависимости от эстетических и геометрических характеристик ворса/ волосяного покрова

В качестве объекта для визуализации ворсовой фактуры выбраны образцы искусственного меха артикула QF 16421 – аналога меха сатинового кролика (табл. 1). Волокнистый состав ворса и грунта ворсового полотна вискоза+ПАН. Экспертный сравнительный анализ эстетических и тактильных свойств ворса образцов материала-имитатора показал высокое совпадение таких характеристик как цвет, мягкость и шелковистость фактуры [4, 6, 10].

Таблица 1

Сравнительные характеристики исследуемых образцов меха (фрагмент)

Вид меха	Характеристика некоторых свойств внешней поверхности материала			Суммарное тепловое сопротивление, (м <sup>2</sup> x К)/Вт.
	визуализация	длина ворса/волосяного покрова, см		
Шкурки кролика		Остевые 2,8±0,1	10000-20000	0,21
		Пуховые 2,3±0,1		
		Направляющие 3,04±0,1		


Искусственный мех, артикул QF 16421		4,0	342	0,12
-------------------------------------	---	-----	-----	------

Для имитации ворсовой поверхности применена техника рендеринга - многократное повторение 3D графических примитивов, изображающих одиночные волосы [12]. В качестве основных инструментов визуализации в графической среде САПР CLO3D сложной фактуры ворсовой поверхности выделены: *length* (длина ворса); *thickness* (толщина), *weight* (масса), *density* (густота), *melanin* (пигментация, цвет), *pheomelanin* (тон), *glossiness* (блеск), *softness* (мягкость/упругость), *taper* (форма), *band* (угол наклона), *segments* (сегментность/ извитость) [13]. Важным инструментом, позволяющим дизайнеру получить на экране достоверное изображение поведения волосяного/ ворсового покрова в статике и динамике на разных участках изделия, является *gravity* (гравитация).

Эксперимент по визуализации в среде CLO3D изделий с меховыми деталями показал высокую степень сходства виртуальных образов с натурными аналогами (табл. 2). Важным преимуществом программы-симулятора является возможность кастомизированной коррекции цветового решения изделий и пропорций модели на аватаре, обладающим визуальным сходством с клиентом предприятия. Корректировка мест расположения и размерности меховых деталей, в зависимости эстетических предпочтений и платежеспособности клиентов позволит оптимизировать расход дорогостоящих материалов и сократить нереализованные товарные остатки.

Таблица 2

Матрица вариантов визуализации трехмерных моделей одежды из материалов со сложнофактурной поверхностью

Натурный аналог	Виртуальные двойники трехмерных моделей одежды из материалов со сложнофактурной поверхностью		
			
			

**Заключение.** Виртуальное эскизирование и симулирование примерок виртуальных аналогов одежды в графических трехмерных программах с открытой средой является важным

этапом проектных работ для компаний, использующих стратегию кастомизации. Представление заинтересованным клиентам визуальных образов, персонификация дизайна и конструктивных особенностей моделей стали приоритетными маркетинговыми подходами, направленными на максимальное удовлетворение запросов потребителей и повышение конкурентоспособности швейной продукции.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Новости пушно-меховой индустрии. URL: <http://rpms.ru/novosti/zverovodstvo> (дата обращения 12.01.2021)
2. *Cai L., Yu X.* Fur fashion design. - Shanghai: Donghua University Press, 2009.- 249 p.
3. *Белгородский В.С., Гусева М.А., Андреева Е.Г., Петросова И.А., Трухачев В.И., Новиков М.В.* Fashion marketing в современной индустрии меховой одежды// Текстильная и лёгкая промышленность. – 2019, №2-3. – С.15-19.
4. *Муравская Н.Н., Белоногова М.Н., Куркова В.С.* Исследование износостойкости пушно-меховых полуфабрикатов// Вестник Костромского государственного технологического университета. – 2013, №1 (30). - С.35-37.
5. Коллекции одежды. MIFUR. URL:<http://www.mifur.com> (дата обращения 11.08.2021)
6. *Гусева М.А., Андреева Е.Г. Али к. К.,* Виртуальный инструментарий для комплексной оценки качества одежды со сложнофактурной поверхностью// Территория новых возможностей. Вестник ВГУЭС. – 2021, Т.13, №3. – С.147-157.
7. *Жукова И.В., Кузьмичев В.Е., Румянцев Е.В.* База данных цифровых двойников сканированных полноростовых мужских фигур / Свид-во о регистрации БД №2019622196. Зарег. 27.11.2019.
8. *Корнилова Н.Л., Салкуцан С.В., Болсуновская М.В., Горелова А.Е., Васильев Д.А.* Отдельные аспекты PLM-систем для создания цифровых фабрик в швейной промышленности// Известия вузов. Технология текстильной промышленности. - 2018, №4 (376). - С.103-106.
9. *McQuilken L.* The influence of guarantees, active requests to voice and failure severity on customer complaint behavior// International Journal of Hospitality Management. – 2011, Vol.30, No.4. – P.953-962.
10. *Гусева М.А., Новиков М.В., Андреева Е.Г., Белгородский В.С., Петросова И.А., Балакирев Н.А.* Базовые цифровые шкалы эстетических и геометрических свойств меха// Свид-во о госрегистрации БД №2019620409 RU; опубл. 15.03.2019
11. *Койтова Ж.Ю., Кучерова И.А., Роженцова С.П.* Изучение топографии свойств пушно-меховых полуфабрикатов// Вестник Костромского государственного технологического университета. – 1999, №1. - С.59-60.
12. *Lengyel J., Praun E. Finkelstein A., Hoppe H.* Real-time fur over arbitrary surfaces// In SI3D '01 Proceedings of the 2001 symposium on Interactive 3D graphics. New York, NY: ACM, 2001. P.227-232.
13. *Гусева М.А., Андреева Е.Г., Белгородский В.С., Али кызы К., Балакирев Н.А., Разумеев К.Э.* Инструменты визуализации эстетических и геометрических характеристик пушно-меховых полуфабрикатов/ Свид-во о регистрации базы данных RU 2021.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ РУБЧИКОВЫХ ТКАНЕЙ

## DETERMINATION OF OPTIMAL PARAMETERS MANUFACTURING OF RIB FABRICS

М.А. Дониёрова, Д.Б. Шамиев, Б.Б. Дониёров  
M.A. Doniyorova, D.B. Shamiyev, B.B. Doniyorov

Джизакский политехнический институт, Республика Узбекистан  
Jizakh Polytechnic Institute, Republic of Uzbekistan  
E-mail: matlubadoniyorova1980@gmail.com, diyorbek0094@gmail.com,  
bektosh.doniyorov776@gmail.com

В данной статье рассматривается вопрос образования рубчиков на поверхности тканей. Представлено и проанализировано переплетение новых видов рубчиковых тканей. Также была предложена формула для определения степени выпуклости.

**Ключевые слова:** рубчик, ткань, плотность ткани по утку, тип переплетения, линейная плотность уточной нити, видимость, поверхности ткани

**This article discusses the issue of cord formation on the surface of cloth. The interlacing of new types of cloth of bed ford cord is presented and analyzed. A formula has also been proposed to determine the degree of convexity.**

**Keywords:** rib, fabric, weft density, weave type, weft linear density, fabric surfaces

В Послании Президента Республики Узбекистан Олий Мажлису и народу Узбекистана 29 декабря прошлого года впервые было признано существование бедности среди определенных слоев населения. Было отмечено, что конечной целью экономических реформ в новом 2021 году является сокращение бедности и повышение благосостояния населения, достижение этих стратегических целей за счет высокого экономического роста, который создает равные возможности для всех. Теперь задача состоит в том, чтобы заложить основу для долгосрочного устойчивого роста посредством глубоких структурных реформ. Особый упор был сделан на достижение устойчивого роста, в том числе за счет увеличения инвестиций в создание конкурентоспособных производственных цепочек. По данным Гарвардского университета, страна имеет все возможности и относительные преимущества в производстве более 50 промышленных товаров, особенно в нефтехимической, металлургической, механической, электротехнической, фармацевтической, строительной, кожевенно-обувной, пищевой и текстильной отраслях промышленности. Есть все необходимые условия для того, чтобы наша экономика стала «драйверами», определен перечень перспективных промышленных кластеров и внесены предложения по разработке специальной программы их быстрого развития. [1]

Плотность ткани по утку, тип переплетения, линейная плотность уточной нити важны для четкого вида поперечных полос в рубчиковых тканях. Выбранные факторы, влияющие на качество рисунка рубчика на уровне поперечного сечения тканей, должны быть направлены на четкую видимость поверхности ткани, не увеличивать расход сырья и поддерживать установленные физико-механические параметры.

На поверхности рубчиковых тканей могут формироваться выпуклые полосы в разных направлениях и с разным рельефом. Размер рубчика (ширина, степень выпуклость) зависит от порядка переплетения основных нитей с уточными нитями, иногда от сырья (усадка ткани в отделке может быть более или менее).

В производстве рубчиковых тканей широко используется мелкоузорчатых переплетений.

Ткани, построенные на базе переплетений основной репс 4/4, 5/5, 6/6, 8/8 или уточной репс 4/4, 5/5,6/6, 8/8, имеют рыхлое строение. Для предупреждение раздвижек нити их закрепляют переплетениями с короткими перекрытиями. В качестве закрепляющего используют полотняное или саржевое переплетение. [2,с.96-98; 3,с.94-97; 4,с.48-49, 5,с.50-55, 6, с.19-34]

На основе этого принципа и для того, чтобы гладкая часть ткани отличалась от рельефной, была произведена новая рубчиковая ткань. Пространство между рубчиками этой ткани состоит из полотняного или саржевого переплетения (С 1/2). Рубчики образуются сложного переплетения. Заправочный рисунок ткани изображен на Рис. 1.

Как видно из рисунка 1.а, при формировании ткани с таким переплетением, прокладывая уточные нити 1,2 и 5,6 образуют ее гладкую часть, а при прокладке 3,4 и 7,8-уточные нити образуются рубчика. Раппорт переплетения по основе  $R_O = 2$ , а по утку  $R_{y1} = 8$ .

Формирование ткани в таком порядке обеспечить, что граница рубчика с гладкой частью будет более четкой - более заметной.

По анализу заправочного рисунка, раппорт по основе нового переплетения ткани равен раппорт по основе гладкой части ткани, т.е.,  $R_O = R_O^{Гл.}$ . Раппорт по утку зависит от суммы раппорта гладкой части с количеством нитей, образующих выпуклого части ткани (рубчика), и определяется следующим образом:

$$R_y = 2 \cdot (R_y^{Гл.} + n_y)$$

где,  $R_O, R_y$  - раппорт переплетения по основе и по утку

$R_O^{Гл.}$  - раппорт по основе гладкой части ткани

$n_y$  - количеством нитей, образующих выпуклого части ткани

То есть, раппорт по основе  $R_O = 2$ , а раппорт по утку на Рис.1,а  $R_y = 8$ , на Рис.1,б  $R_y = 12$ , на Рис.1,в  $R_y = 16$ .

Как и на всех рубчиковых тканях, размеры полосок на новых рубчиковых тканях могут быть разными. В новых рекомендованных тканях ширина полос ( $b_{Рубчик}$ ) зависит от плотности ткани по утку ( $P_y^{Руб.ч.}$ ) и количества уточного нити рубчика, а на ширина гладкой части ( $b_{Гл.ч.}$ ) зависит от плотности ткани по утку ( $P_y^{Гл.ч.}$ ) и раппорт по утку базового переплетения для гладкой части.

$$b_{Гл.ч.} = \frac{R_y^{Гл.ч.}}{P_y^{Гл.ч.}} \quad (1) \qquad b_{Рубчик} = \frac{R_y^{Руб.ч.}}{P_y^{Руб.ч.}} \quad (2)$$

Внешний вид поверхности рубчиковой ткани зависит от толщины рубчиковых частей с гладкой частью, что требует отдельного определения толщины каждой из них. Поскольку гладкая часть предлагаемой новой ткани изготавливается путем однослойного полотняного переплетения (Рис. 1), ее толщина определяется по следующей формуле, основанной на теории структуры ткани некоторыми теоретическими методами [7, с. 102-104].

$$K_{TK}^{Гл.ч.} = h_y + d_y \quad (3)$$

Где,

$h_y$  - высота волны изгиба ткани нити утка, мм

$d_y$  - диаметр уточного нити, мм

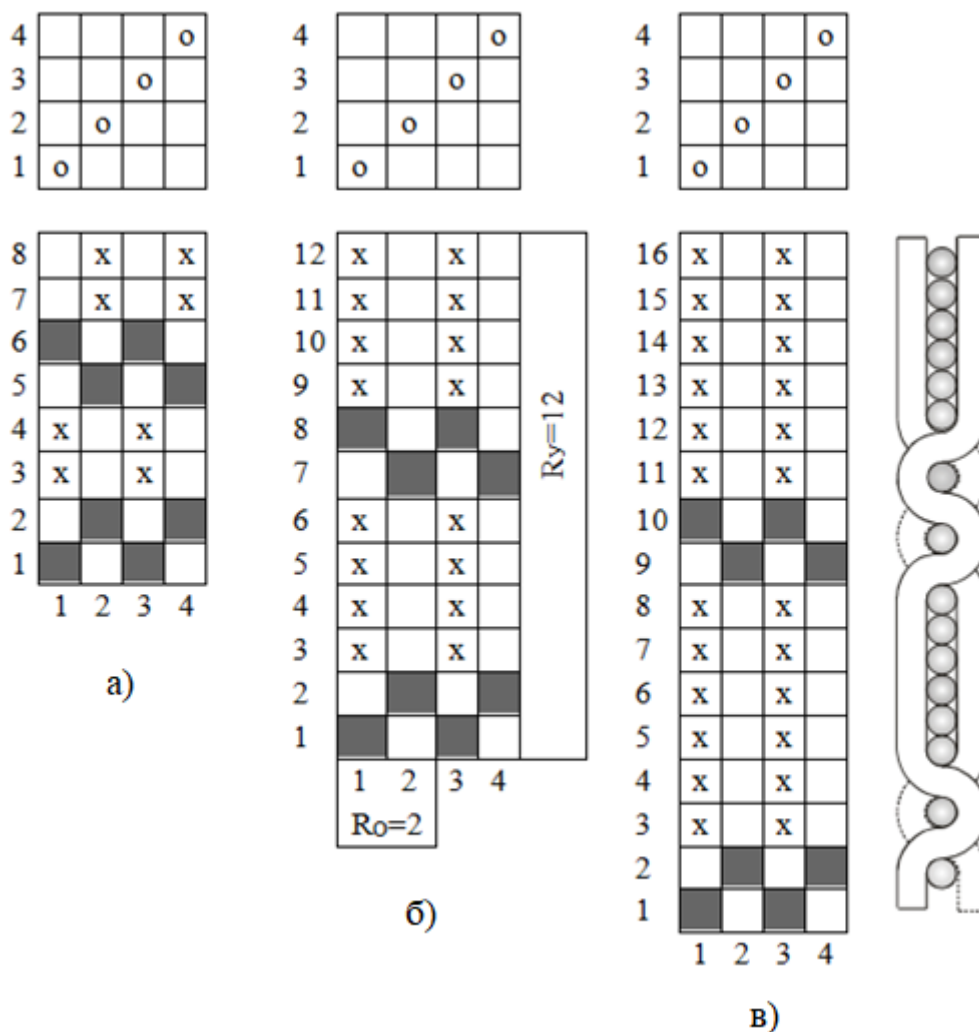


Рис.1. Заправочные рисунки рубчатого переплетения и расположения нитей в ткани.

$$h_y = \frac{d_o + d_y}{2} + \left( \frac{l_y - l_o}{2} \right) \times \frac{\sqrt{3 \times (d_o + d_y)^2 - (l_y - l_o)^2}}{\sqrt{(d_o + d_y)^2 - (l_y - l_o)^2}} \quad (4)$$

Толщина рубчатой части (образованной в результате не переплетается основных нитей на уточной нити) сформированной в новой ткани, составляет:

$$K_{TK}^{Руб.ч} = 2 \times d_o + d_y \quad (5)$$

В ткацкой практике нет объективного способа оценить видимость рубчатой ткани. Обычно при определении качества этих тканей называется рельефный, рельеф с высоким или низким рельефом и т.д. Из анализа экспериментальных образцов рубчатых тканей, представленных в литературе [2,96-98], было обнаружено, что их видимость незначительна. Определение преимущества новой предложенной текстуры требует разработки метода объективной оценки рубчатого рисунка.

Видимость рельефной текстуры зависит от разницы в толщине рубчиков на поверхности ткани (рис. 1). Учитывая эту разницу как степень выпуклость ( $C_{Вып.}$ ) рисунка, комбинация приведенных выше формул приводит к следующему:

$$C_{\text{Вып.}} = \frac{K_{\text{ТК}}^{\text{Руб.ч}}}{K_{\text{ТК}}^{\text{Гл.ч}}} = \frac{2 \times d_o + d_y}{\frac{d_o + d_y}{2} + \left(\frac{l_o - l_y}{2}\right) \times \frac{\sqrt{3 \times (d_o + d_y)^2 - (l_y - l_o)^2}}{\sqrt{(d_o + d_y)^2 + (l_y - l_o)^2}} + d_y} \quad (6)$$

бунда:

$C_{\text{Вып.}}$  - степень выпуклости

$K_{\text{ТК}}^{\text{Руб.ч}}$  -толщина выпуклая часть, мм

$K_{\text{ТК}}^{\text{Гл.ч}}$  -толщина гладкая часть, мм

(3.6) При теоретическом определении степени выпуклости рекомендуется использовать формулу 6.

Исходя из анализа приведенных выше формул, толщина гладкой части рубчиковой ткани зависит от диаметра основной и уточной нити и их количества в 10 см (плотность ткани). Толщина рубчиковой части зависит только от диаметра основной и уточной нити. На толщину рубчиковой части не влияет до максимального значения плотности ткани по утку.

Когда плотность по утку больше максимального значения, существует вероятность того, что следующие уточные нити с максимальной плотностью поднимутся вверх ранее прокладываемых нитей уточной пряжи, так как они будут прокладываться за одну зеву.

В результате толщина рубчиковой части увеличивается. Но в этом случае усложняются условия формирования элемента ткани, снижается производительность ткацкой станки.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Послание Президента Республики Узбекистан Шавката Мирзиёева Олий Мажлису
2. Мартынова А. А., Слостина Г. Л., Власова Н. А. Строение и проектирование тканей. - М.: Международная программа образования, 1999. 434 с
3. Алимбаев Е.Ш. Тўқима тузилиши назарияси. –Тошкент: Алоқачи, 2005.- 231
4. Грановский Т.С. Строение и анализ ткани. М.: Легпромбытиздат, 1985, -152 с.
5. Gokarneshan N., Fabric structure and design., New age International (P) Ltd., Publishers, 2004
6. Adanur S., Handbook of weaving., Technomic Publishing Company, Inc., 2001
7. Н.Ф.Сурнина. Проектирование ткани по заданным параметрам. М.: Легкая индустрия, 1973.



## РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА БРОНЕЗАЩИТНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

### DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY AND EQUIPMENT FOR THE PRODUCTION OF ARMOR-PROTECTIVE COMPOSITE MATERIALS

А.А. Жукова, А.Г. Хосровян, Р.Р. Алешин, Г.А. Хосровян  
A.A. Zhukova, A.G. Khosrovyan, R.R. Aleshin, G.A. Khosrovyan

Ивановский государственный политехнический университет  
Ivanovo State Politechnical University  
E-mail: askarm@mail.ru, khosrovyan\_haik@mail.ru

В статье рассмотрены вопросы получения бронезащитных композиционных материалов на основе разработки технологии, оборудования и способа получения бронезащитных композиционных материалов. Описана технология получения бронезащитных композиционных материалов для защиты от осколков и пуль личного состава грузовой кабины, например, пола и бортов кабины вертолета, а также возможности варьирования структуры и физико-механических показателей конечного продукта. Приведены результаты теоретических исследований технологических процессов, протекающих на разработанном оборудовании для получения бронезащитных композиционных материалов.

**Ключевые слова:** бронезащитный композиционный материал, технологический процесс, волокнистые слои, армирующий материал.

The article deals with the issues of obtaining composite noise insulation materials based on the development of technology, equipment and a method for obtaining composite noise insulation materials. The advantages of the developed technology, equipment and method for obtaining composite noise insulation materials are considered. The technology of obtaining composite noise insulation materials for the automotive industry, depending on the raw material, is described. The results of theoretical studies of technological processes occurring on the developed equipment for the production of composite noise insulation materials are presented. **Keywords:** composite noise insulation material, technological process, method and equipment for producing composite noise insulation materials, fiber sorting chamber.

**Keywords:** armor-protective composite material, technological process, fiber layers, reinforcing material.

Нами разработан технологический процесс получения композиционных материалов (рис. 1).

После этапа подготовки волокнистый материал поступает на разработанное нами оборудование для получения отдельных волокнистых слоев, на котором осуществляется разработанный нами способ получения многослойных волокнистых материалов и формирование композиционного материала [1, 2]. Данное оборудование является ключевым в технологической линии.

Упрочнение композиционного материала (рис. 1) заключается в предварительном термоскреплении волокнистых слоев.

На этапе сложения слоев (рис. 1) осуществляется многократное сложение предварительно скрепленного композиционного материала для получения необходимой поверхностной плотности.

На этапе пропитки композиционного материала происходит смачивание волокнистых слоев и армирующего материала расплавом матрицы.

После сушки композиционного материала выполняется дополнительное упрочнение композиционного материала и придание ему заданной толщины, а затем – резка на определенные размеры (рис.1).

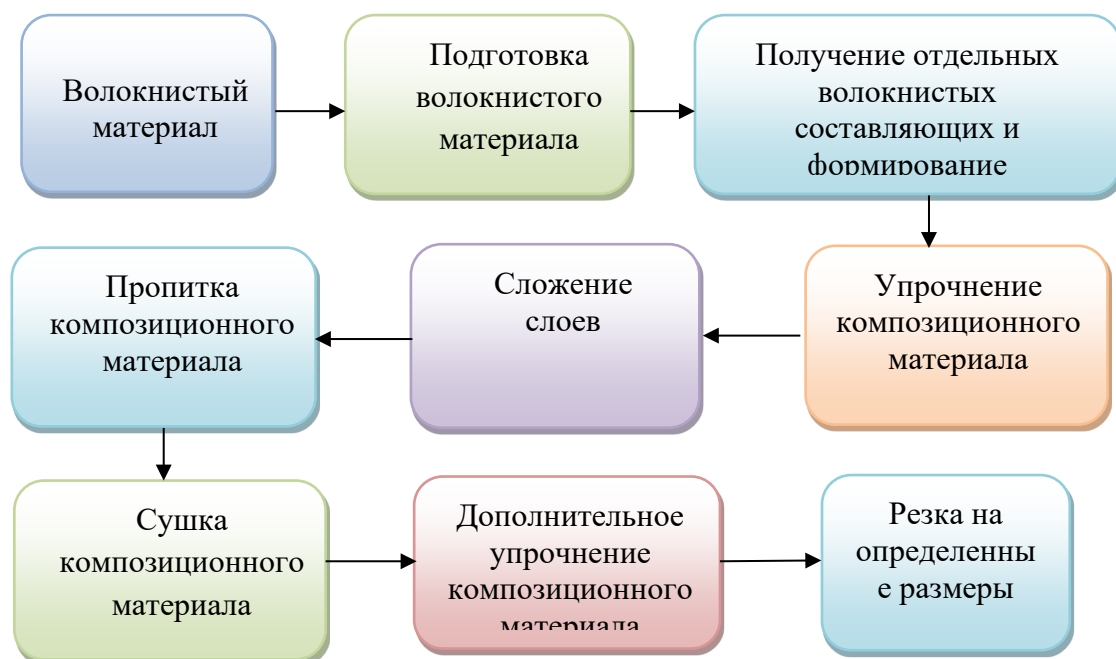


Рис.1. Схема технологического процесс получения бронезащитных композиционных материалов

Важную роль в получении волокнистых слоев однородных по физико-механическим показателям и равномерных по толщине играют технологические процессы, протекающие на разработанном нами оборудовании для получения композиционных волокнистых материалов.

Поверхностная плотность защитного композиционного материала зависит от входящих в него количества волокнистых слоев и количества слоев армирующего материала и их поверхностной плотности.

Принимая, что поверхностная плотность армирующего материала постоянна, то поверхностная плотность защитного композиционного материала будет зависеть от поверхностной плотности волокнистых слоев. В свою очередь, поверхностная плотность волокнистых слоев зависит от поверхностной плотности волокнистого продукта, входящего в камеру распределения волокон и формирования выходящих из нее волокнистых слоев на оборудовании для получения композиционных волокнистых материалов [2].

При разработке технологий и оборудования для производства композиционных волокнистых материалов мы одновременно разрабатывали математический аппарат для описания технологических процессов, протекающих на разработанном нами оборудовании для получения композиционных волокнистых материалов [3-7].

Ниже приводится вывод математической модели для расчета линейной плотности волокнистого продукта входящего в камеру распределения волокон и формирования выходящих из нее волокнистых слоев в оборудовании для получения композиционных волокнистых материалов [4].

Линейная плотность волокнистого продукта определяется по формуле

$$T_n = 10^3 \rho(0) a_0 b \quad (1)$$

Подставляя в полученную формулу (1) выражение для  $\rho(0)$

$$\rho(0) = \left\langle k \left\{ p \left[ Q_3(h)^{\frac{Q_1}{k_a}} \exp(Q_2 h) \right] + N \int_0^h Q_3(\eta)^{\frac{Q_1}{k_a}} \exp(Q_2 \eta) d\eta \right\} + \rho_{вн} \right\rangle / y_3 \cdot \quad (2)$$

где  $\rho$  - плотность волокнистого материала в зоне питания;

$\rho_{вн}$  - плотность волокнистой составляющей продукта в несжатом состоянии (при  $\sigma = 0$ );

$y_3$  - засоренность волокнистого материала;

$a_0b$  - геометрические параметры питающего органа;  
 $h$  - высота поступающего в зону питания волокнистого материала;  
 $k$  - коэффициент сжимаемости волокнистого продукта;

$$N = \frac{g\rho_{вн}}{y_в}; \quad k_a = tg(\gamma_1) + tg(\gamma_2);$$

$\gamma_1, \gamma_2$  - углы наклона стенок питающего органа;

$$Q_1 = k_a - 2\mu k_{тр}; \quad Q_2 = \frac{kg}{y_в} - \frac{2\mu k_{тр}}{b}, \quad Q_3(\eta) = \frac{k_a\eta + a_0}{a_0}.$$

$k$  - коэффициент сжимаемости волокнистого продукта;  
 $\mu$  - коэффициент поперечного распора (отношение давления волокнистого материала на стенки питающего органа к давлению, сжимающему слой в вертикальном направлении);  
 $k_{тр}$  - коэффициент трения волокнистого материала о стенки питающего органа;  
 $g$  - ускорение свободного падения;  
получили

$$T_n = 10^3 \left\langle k \left\{ p \left[ Q_3(h)^{\frac{Q_1}{k_a}} \exp(Q_2 h) \right] + N \int_0^h Q_3(\eta)^{\frac{Q_1}{k_a}} \exp(Q_2 \eta) d\eta \right\} + \rho_{вн} \right\rangle a_0 b / y_в. \quad (3)$$

Полученная математическая модель (3) устанавливает взаимозависимость между механическими характеристиками волокнистого продукта и геометрическими параметрами питающего органа.

*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ и Департамента экономического развития и торговли Ивановской обл., проект № 20-43-370010.*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Патент № 2471897 Российская Федерация. Способ получения многослойных волокнистых материалов и устройство для его осуществления/Хосровян Г.А. Хосровян А.Г. Красик Т.Я. Хосровян И.Г. Жегалина Т.В.– Оpubл. 10.01.2013.
2. Патент 2595992 Российская Федерация. Способ получения многослойных волокнистых материалов и устройство для его осуществления / Г.А. Хосровян, Т.Я. Красик, М.А. Тувин, И.Г. Хосровян.– Оpubл. 05.08.2016.
3. Тувин М.А. Хосровян И.Г., Красик Т.Я., Хосровян Г.А., Тувин А.А. Математическое моделирование процесса движения волокнистой смеси в бункерном питателе с переменной площадью поперечного сечения шахты // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, № 2, С. 83-87.
4. Красик Т.Я., Хосровян А.Г., Хосровян Г.А. Методика определения линейной плотности настила на выходе из бункерного питателя, оснащенного системой обеспыливания // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2011, №5. С. 79-82.
5. Хосровян И.Г., Красик Т.Я., Хосровян А.Г., Хосровян Г.А. Разработка теории выравнивающей способности устройства для получения многослойных волокнистых материалов// Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, № 6, С. 79-82.
6. Тувин М.А., Хосровян И.Г., Хосровян А.Г., Красик Т.Я., Хосровян Г.А. Математическое моделирование аэродинамической рассортировки волокон в устройстве для получения многослойных нетканых материалов// Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, № 6, С. 71-76.
7. Хосровян А.Г., Тувин М.А., Красик Т.Я., Хосровян Г.А., Тувин А.А. Математическая модель движения волокна при его съеме ускоряющимся воздушным потоком с гарнитуры вращающегося пильчатого барабана // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2017, №2. С. 185-188.

## РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПОВ ГРАДАЦИИ ВИРТУАЛЬНЫХ МАНЕКЕНОВ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОДЕЖДЫ \*

### DEVELOPMENT OF VIRTUAL MANNEQUINS GRADING FOR CLOTHING DESIGN\*

И.В. Жукова, В.Е. Кузьмичев  
I.V. Zhukova, V.E. Kuzmichev

Ивановский государственный политехнический университет  
Ivanovo State Polytechnical University  
E-mail: iren932@gmail.com; [wkd37@list.ru](mailto:wkd37@list.ru)

В статье изложены этапы проектирования виртуальных манекенов мужских фигур по российской типологии населения. Получены регрессионные уравнения для вычисления величин перемещения антропометрических точек, расположенных на опорной поверхности манекена, при его уменьшении или увеличении в размере. Приведены этапы разработки метода градации цифрового мужского манекена для проектирования одежды.

**Ключевые слова:** фигура человека, цифровой клон, цифровой двойник, размерные признаки, виртуальная среда.

The article presents the stages of digital mannequin designing based on the Russian sizing system. The equations for calculating the coordinates of the anthropometric points belonging to bearing area in terms of the dummy grading are proposed. The stages of method developed for the gradation of digital men mannequin for clothes designing are given.

**Keywords:** human's body, virtual clone, digital twin, body measurements, virtual reality.

Четвертая промышленная революция, известная как «Индустрия 4.0», направлена на углубление цифрового подхода ко всем этапам жизненного цикла продукции промышленного способа производства, включая его дизайн и изготовление. Проектирование одежды традиционными способами смещается активно в сторону виртуального проектирования. Для примерки и оценки качества посадки одежды в виртуальной среде необходимо иметь набор 336 женских и 386 мужских виртуальных манекенов, повторяющих антропоморфные особенности типовых человеческих фигур согласно российской типологии 2004 года. Чтобы их получить, необходимо разработать схему градации манекенов различных ростов и размеров в виде пропорционального вычисления координат базовых антропометрических точек. Такая градация сродни градации лекал, но выполняется в трехмерном пространстве. К настоящему времени на кафедре конструирования швейных изделий ИВГПУ разработаны схемы 2,5D абрисов типовых фигур [1], которые могут служить основой для перехода к трехмерной системе координат. Разработкой цифровых манекенов активно занимается компания Alvanon. Компания разработала по стандартам разных стран (США, Франция, Германия, Япония и др.) линейки мужских, женских и детских манекенов для проектирования одежды [2]. Однако цифровые манекены пока отсутствуют для российской типологии населения, что является сдерживающим фактором для полномасштабного перевода процессов проектирования в виртуальную среду. Градация цифрового манекена сродни градации лекал, которая выполняется по определенным техническим правилам, но в трехмерном пространстве ориентированная на оси координат и антропометрические точки.

Нами предложен алгоритм метода градации виртуальных манекенов для проектирования одежды (рис.1).

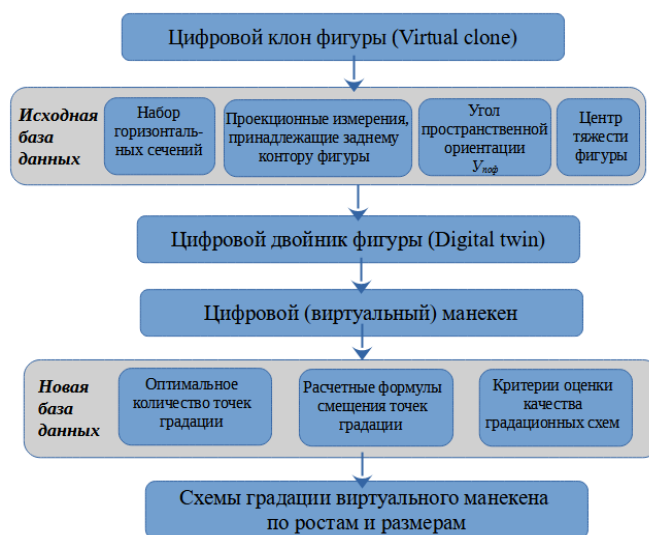


Рис. 1. Алгоритм разработки градации виртуального манекена

1 этап. Построение цифрового двойника типовой фигуры базового размера и роста (Digital twin), для получения которого необходим набор цифровых клонов реальных людей, принадлежащих к типовому варианту по ведущим размерным признакам.

1.1. Сканирование группы людей с целью формирования исходной базы цифровых клонов фигур (Virtual clone). Сканирование 110 фигур проводили с помощью бодисканера для трехмерного измерения тела INTAILOR 3-D Scanning фирмы Human Solutions (Германия) в основной антропометрической позе согласно стандартам [3-6].

1.2. Измерение проекционных размерных признаков относительно следующих антропометрических точек: седьмой шейный позвонок, выступающая точка лопаток, задняя точка на линии талии, ягодичная и пяточная точки.

1.3. Измерение угла пространственной ориентации клонов и определение их центра тяжести.

1.4. Усреднение горизонтальных сечений, полученных на основных и дополнительных уровнях вдоль оси, проходящей через центр тяжести.

1.5. Формирование новой базы данных в виде величин размерных признаков, измеренных на профильных проекциях цифровых клонов, с помощью которых можно контролировать их положение в пространстве.

1.6. Формирование поверхности цифрового двойника посредством трех типов NURBS - поверхностей в виде сплайнов первого, второго и третьего порядков, удовлетворяющих требованиям непрерывности, непрерывности касательной и непрерывности второй производной. Цифровой двойник российской типовой фигуры базового размера и роста (182-100-84) получен на основе новой информации путем объединения размерных признаков типовых фигур по ГОСТ 31399-2009 [7] и усредненных 82-96 сечений для каждой фигуры в выбранной группе людей.

1.7. Цифровой двойник типовой фигуры (Digital twin) был преобразован в цифровой виртуальный манекен в виде торса без головы и конечностей.

2 этап. Построение манекенов смежных размеров и ростов

2.1. Определение координат антропометрических точек и направлений их перемещения в пространстве относительно манекена базового размера и роста. Согласно международному стандарту ISO 7250-1 [8] были выбраны основные точки и уровни (рис. 2):

- в области плечевого пояса: плечевая точка (ПТ), передний угол подмышечной впадины (АРФ); задний угол подмышечной впадины (АРВ); нижняя точка подмышечной впадины (ПВ);

- в области шеи: основание шеи спереди (ШТп); основание шеи сбоку (ШТб); основание шеи сзади (ШТз);
- в области руки: локтевая точка (ЛТ); точка запястья (WP);
- в области торса: уровень груди, талии, бедер.

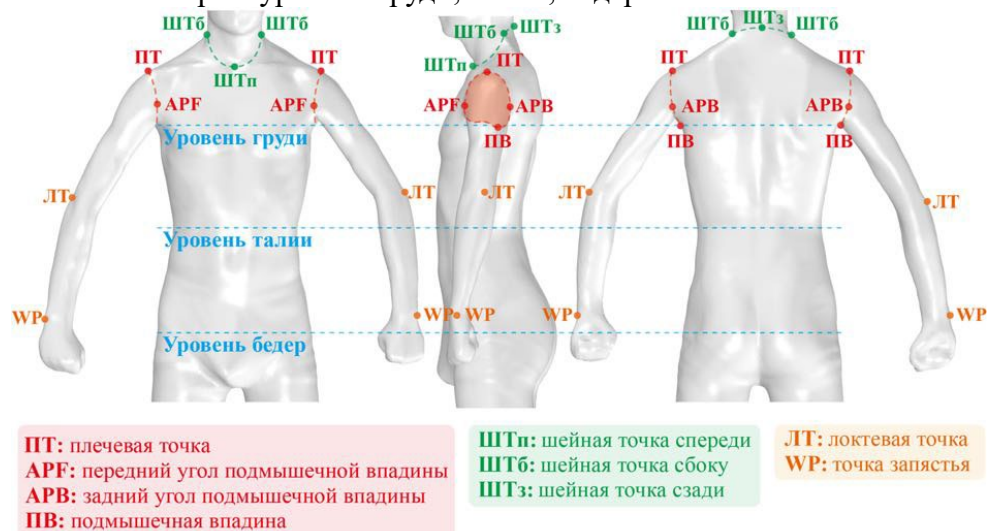


Рис. 2. Антропометрические точки и уровни на цифровом клоне мужской фигуры [9]

2.2. Установление взаимосвязей между координатами горизонтальных секущих плоскостей, проведенными через антропометрические точки: верхушечную, основания шеи спереди, сбоку и сзади, плечевую, лопаточную, сосковую, на линии талии, ягодичную, подъягодичную складку, коленную и щиколотки. Корреляционная матрица между высотами при доверительной вероятности  $p = 0,95$  и критическом коэффициенте корреляции для данной выборки  $r = 0,471$  [11] приведена на рисунке 3.

	В гол	В шт	В тош	В пл	В лт	В ят	В пс	В кт	В щ	В лоп т	В ст
Рост	0,55	<b>0,98</b>	0,94	0,942	0,939	0,838	0,844	0,841	<b>0,99</b>	<b>0,899</b>	0,933
В гол		0,36	0,32	0,34	0,314	0,169	0,244	0,172	0,542	0,483	0,375
В шт			<b>0,99</b>	0,962	0,966	0,901	<b>0,88</b>	0,902	0,958	0,87	0,937
В тош				<b>0,966</b>	0,955	0,899	0,847	0,899	0,945	0,839	0,909
В пл					<b>0,967</b>	0,891	0,879	0,893	0,967	0,88	0,944
В лт						<b>0,936</b>	0,861	0,937	0,931	0,821	<b>0,96</b>
В ят							0,784	<b>0,999</b>	0,833	0,736	0,817
В пс								0,784	0,816	0,757	0,837
В кт									0,836	0,736	0,819
В щ										0,893	0,917
В лоп т											0,809

Рис. 3. Корреляционная матрица для высотных размерных признаков

2.3. Аппроксимация экспериментальных данных для получения уравнений для вычисления положений антропометрических уровней, проходящих через выбранные точки поверхности (табл.1). Формула для вычисления положения точки по высоте имеет общий вид:

$$B_{ATi} = (a \cdot B_{ATi} + v) \pm R \quad (1)$$

где  $B_{ATi}$  — высота исходной антропометрической точки на манекене  $i$ -роста, см;  $a, v$  — коэффициенты;  $R$  - поправочный коэффициент, равный межразмерному интервалу, который при увеличении размера манекена берется с положительным значением, если перед расчетным

коэффициентом стоит знак «-», а при уменьшении - с отрицательным значением.

Таблица 1

Уравнения для вычисления положения горизонтальных секущих плоскостей по высоте манекенов мужских фигур, 2 полнотной группы

Наименование размерного признака	Обозначение	Расчетная формула	Межразмерный интервал	Критерий Фишера F,
Высота точки основания шеи сзади	Вшт	$0,88 \cdot P - 3,34$	$\pm 0,2$	2,24
Высота точки основания шеи сбоку	Втош	$1,05 \cdot \text{Вшт} - 7,39$	$\pm 0,2$	2,9
Высота плечевой точки	Впт	$1,03 \cdot \text{Втош} - 10,2$	$\pm 0,2$	2,02
Высота линии талии	Влт	$0,68 \cdot \text{Впт} + 11,5$	0	2,04
Высота ягодичной точки	Вят	$0,82 \cdot \text{Влт} - 1,73$	0	1,71
Высота подъягодичной складки	Впс	$0,61 \cdot \text{Впт} - 5,56$	0	1,68
Высота коленной точки	Вкт	$0,36 \cdot \text{Впс} + 17,35$	$\pm 0,2$	4,75
Высота щиколотки	Вщ	$0,05 \cdot P - 0,27$	0	2,62
Высота лопаточной точки	В лоп т	$0,95 \cdot P - 34,8$	$\pm 0,1$	1,67
Высота сосковой точки	В с т	$1,16 \cdot \text{Влт} - 0,2$	0	1,95

Примечание: критическое значение критерия Фишера для объема выборки  $n = 48$  и доверительной вероятности 95 %? составляет 1,65 [11].

2.4. Через манекен базового размера и роста проводили оси координат следующим образом: ось Z расположена в сагиттальной плоскости и делит манекен на левую и правую части; ось X расположена горизонтально на уровне линии талии и делит манекен на верхнюю и нижнюю части, ось Y расположена во фронтальной плоскости и делит манекен на переднюю и заднюю части (рис.4).

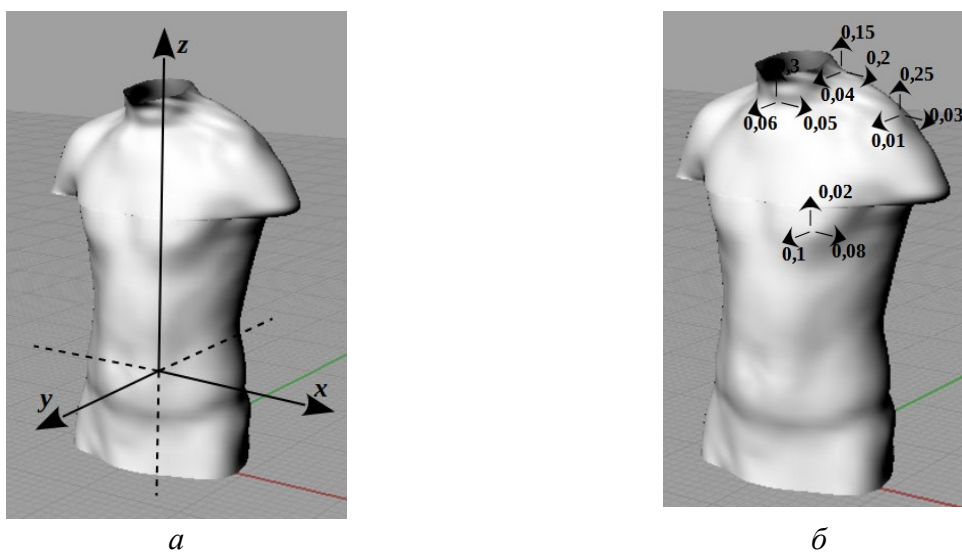


Рис. 4. Схема градации опорной поверхности цифрового манекена:  
 а – расположение осей координат; б – перемещение точек опорной поверхности

Новые координаты точек позволяют построить смежный к базовому варианту манекен. Для проверки правильности принципов градации ниже приведен пример построения верхней опорной поверхности манекена, которая проходит через пять антропометрических точек (плечевая, сосковая, шейные точки спереди, сбоку и сзади). Вдоль осей, проведенных из каждой точки, откладывали величины их перемещения. Величины перемещения точек опорной поверхности для цифровых манекенов этой же типовой мужской фигуры представлены в табл.2.



Величина перемещения точек опорной поверхности

Наименование точки	Перемещение вдоль осей координат между смежными размерами		
	x	y	z
Плечевая	0,03	0,01	0,25
Сосковая	0,08	0,1	0,02
Основание шеи спереди	0,05	0,06	0,13
Основание шеи сбоку	0,2	0,04	0,15
Основание шеи сзади	0,35	0,05	0,05

В программе Rhinoceros сгенерированы цифровые манекены [12]. На рисунке 5 показаны совмещенные цифровые манекены 182-96-80 (красный цвет), 182-100-84 (синий цвет), 182-104-88(зеленый цвет).

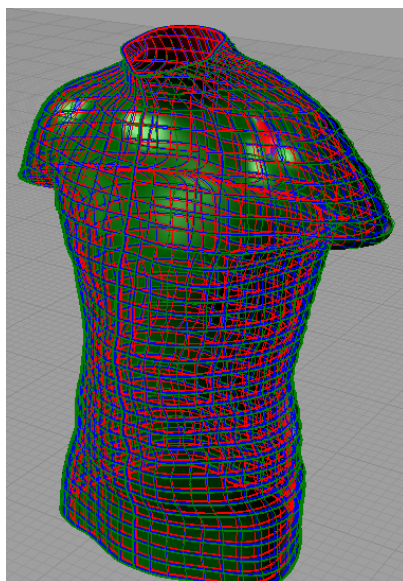


Рис. 5. Совмещенные цифровые манекены разных размеров

С помощью разработанного данного метода можно генерировать цифровые манекены фигур.

*\*Работа выполнена по гранту РФФИ и Ивановской области № 20-47-370006 "Фундаментальные основы виртуального проектирования цифровых двойников системы «фигура человека - одежда» с применением нейropsихологических технологий и реверсивной инженерии".*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кузьмичев, В. Е. Конструирование швейных изделий : учебное пособие / В. Е. Кузьмичев, Н. И. Ахмедулова, Л. П. Юдина. — 3-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 543 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-06517-6. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/454920> (дата обращения 10.09.2021)
2. Alvanon, <https://abp.alvanon.com/pricin> (дата обращения 14.09.2021).
3. ISO 7250-1:2017 Basic human body measurements for technological design — Part 1: Body measurement definitions and landmarks [Электронный ресурс]. URL: <https://www.iso.org/standard/65246.html> (дата обращения 14.09.2021)



4. ISO/TR 7250-2:2010 Basic human body measurements for technological design — Part 2: Statistical summaries of body measurements from national populations [Электронный ресурс]. URL: <https://www.iso.org/standard/41249.html> (дата обращения 14.09.2021).
5. ISO 20685-1:2018 3-D scanning methodologies for internationally compatible anthropometric databases — Part 1: Evaluation protocol for body dimensions extracted from 3-D body scans [Электронный ресурс]. URL: <https://www.iso.org/standard/63260.html> (дата обращения 14.09.2021).
6. ISO 20685-2:2015 Ergonomics — 3-D scanning methodologies for internationally compatible anthropometric databases — Part 2: Evaluation protocol of surface shape and repeatability of relative landmark positions [Электронный ресурс]. URL: <https://www.iso.org/standard/63261.html> (дата обращения 14.09.2021).
7. ГОСТ 31399-2009 Классификация типовых фигур мужчин по ростам, размерам и полнотным группам для проектирования одежды [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200083101> (дата обращения 16.09.2021)
8. ISO standard ISO 7250-1:2017 / Basic human body measurements for technological design – Part 1: Body measurement definitions and landmarks. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.iso.org/standard/65246.html> (дата обращения 20.09.2021)
9. Янь Цзяци. Разработка технологии виртуального проектирования мужских сорочек с прогнозируемым уровнем качества посадки: дис. ... канд. техн. наук: 05.19.04/ ИВГПУ, Иваново, 2021.- 238 с. [Электронный ресурс]. URL:<https://ds.ivgpu.com/dissertations/61> (дата обращения 20.09.2021)
10. Жукова, И.В. Проектирование твердотельных цифровых двойников типовых российских фигур для оценки качества виртуальной одежды /И.В. Жукова, В.Е. Кузьмичев/ Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности.- Иваново, 2021-№3. С. 106 — 112.
11. Кузьмичев, В.Е. Корреляционный и регрессионный анализ / В.Е. Кузьмичев, О.М. Хлебунова. – Иваново: ИГТА, 1983. – 40 с. № 1075 [Электронный ресурс]. URL: <https://ivgpu.com/studentu/biblioteka/> (дата обращения 20.09.2021)
12. Типовые фигуры мужчин. Размерные признаки для проектирования одежды. - М: ОАО «ЦНИИШП», 2005. - 93 с.

## **АНАЛИЗ ПРОСТОЕВ ТКАЦКИХ СТАНКОВ ТИПА СТБ И РАЗРАБОТКА ОСНОВНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ МОДЕРНИЗАЦИИ ЗЕВООБРАЗОВАТЕЛЬНОГО МЕХАНИЗМА**

### **ANALYSIS OF DOWNTIME OF WEAVING MACHINES TYPE STB AND DEVELOPMENT OF THE MAIN DIRECTIONS OF MODERNIZATION OF THE GREASING MECHANISM**

Е.А. Левина, А.С. Сивцов, А.А. Тувин  
E.A. Levina, A.S. Sivtsov, A.A. Tuvin

Ивановский государственный политехнический университет  
Ivanovo State Polytechnic University  
E-mail: lizaveta13mi@inbox.ru, andrey\_sivtsov@bk.ru, tuvin@ivgpu.com

В данной работе рассмотрены основные направления модернизации зевобразовательного механизма ткацких станков типа СТБ. При анализе простоев было выявлено, что самая весомая доля поломок станка приходится на механизм прокладки утка и ремизоподъемный механизм – около 30%, что показывает на весьма высокую актуальность модернизации данных механизмов.

**Ключевые слова:** Ткацкий станок, зевобразовательный механизм, модернизация, ремизоподъемный механизм, прокладка утка.

**In this paper, the main directions of modernization of the shed forming mechanism of weaving machines of the STB type are considered. When analyzing the downtime, it was revealed that the most significant share of machine breakdowns falls on the weft laying mechanism and the hedge-lifting mechanism - about 30%, which indicates a very high relevance of the modernization of these mechanisms.**

**Key words:** Loom, shedding mechanism, modernization, heap-lifting mechanism, weft insertion.

Рыночные условия текстильной отрасли вынуждают производителя расширять ассортимент и повышать качество вырабатываемых тканей с учетом многообразия покупательского спроса различных слоев населения, т.е. повышать конкурентоспособность продукции. В конкурентной борьбе, наряду с отмеченными обстоятельствами, важное место занимает себестоимость производимых тканей, снижение которой достигается повышением эффективности всех без исключения технологий выработки ткани. В последние 15-20 лет фабриками закупаются в основном ткацкие станки производства ведущих западных фирм, отечественные станки представлены в основном станками типа СТБ с малогабаритными прокладчиками утка.

Производство тканей на отечественных текстильных предприятиях в современных условиях характеризуется использованием устаревшего оборудования, так как в последние годы естественный процесс обновления парка оборудования был нарушен отсутствием финансовых средств у предприятий и какой-либо разумной технической политики в этой области. В настоящее время на большинстве текстильных предприятий значительная часть оборудования находится в эксплуатации 15 и более лет. Многие текстильные предприятия уже сейчас испытывают потребность в новом отечественном оборудовании, поскольку аналогичное зарубежное технологическое оборудование значительно дороже отечественного. В этих условиях российские производители не могут конкурировать на внешнем рынке с зарубежными поставщиками тканей. Устаревшее оборудование не позволяет получать ткани высокого качества, оно, кроме того, требует все более увеличивающихся затрат на эксплуатацию. В связи с этим актуально проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по дальнейшему совершенствованию и модернизации оборудования текстильного производства и повышению его эффективности.

Модернизация – это совершенствование конструкции отдельных деталей и узлов без принципиального изменения компоновки станка. Она является весьма экономичным путем повышения надежности и производительности оборудования, а также расширения их ассортиментных возможностей, не требующим коренной перестройки технологического процесса. Наибольшее значение модернизации имеет как способ промежуточного совершенствования станков в период накопления информации и данных по принципиальному преобразованию конструкции механизмов. Модернизация может производиться, с одной стороны, в сфере машиностроения, с другой – непосредственно в условиях эксплуатации оборудования. При решении задач совершенствования и модернизации существующих конструкций и проектирования новых механизмов ткацких станков машиностроители неизбежно сталкиваются с задачами кинематического и силового анализа исполнительных механизмов ткацкого станка.

Интерес к модернизации станков СТБ проявляют Китай и бывшие страны СЭВ, в которых сегодня эксплуатируется около 15 тыс. шт. станков СТБ. Очевидно, принимая во внимание надежность, простоту обслуживания и сравнительно небольшие капитальные затраты индийские, турецкие и иранские фирмы закупают в РФ бывшие в употреблении станки и рассматривают деловые, предложения по их модернизации. Поэтому постановка и решение задач по модернизации станков СТБ являются актуальными и представляют интерес, как для текстильной промышленности, так и для завода-изготовителя ткацких станков.

Станки типа СТБ выпускались четырех заправочных ширин 180, 220, 250, 330 см и оснащались многоцветными приборами, вплоть до 6 цветов, каретками, жаккардовыми машинами, а в последнее время - устройствами для выработки махровых, джинсовых и технических тканей. Поэтому станки СТБ нашли широкое применение во всех отраслях промышленности; в хлопчатобумажной их было установлено - 33% от общего количества станков, в шерстяной - 36%, в шелковой - 20% и 11% - в льняной. В настоящее время в эксплуатации находится около 80 тыс. шт. станков СТБ. За последние годы заводом-изготовителем освоены и выпущены небольшими партиями станки СТБУ второго поколения, которые имеют более высокую производительность и оснащенность электроникой и, соответственно, более высокую стоимость, чем станки СТБ. На данный момент станки СТБ выпускаются Чебоксарским ОАО «Текстильмаш».

Станки ткацкие бесчелночные СТБ с малогабаритными прокладчиками утка предназначены для выработки шерстяных, шелковых, хлопчатобумажных и льняных тканей главных, мелкоузорчатых, сложных и крупноузорчатых переплетений из пряжи линейных плотностей в основе от 100 до 15,4 текс, в утке от 220 до 9 текс, химических нитей от 100 до 3,3 текс и натурального шелка от 2,3 текс x 5 до 2,3 текс x 3 в основе и утке заправочных ширин 180, 220, 250, 330 см.

Одной из главных особенностей станков СТБ является способ прокладывания утка в зев. Для прокладки утка используют прокладчики в виде стальной пластины трубчатого сечения с установленной пружиной для захвата и удержания уточной нити. Небольшие размеры и масса (6,35x14x90 мм, 40г) позволяют значительно повысить скорость станка – до 300 об/мин

Для выработки стратегии модернизации ткацкого станка типа СТБ был проведен анализ отказов (простоев) основных исполнительных механизмов станка СТБ-330 в условиях ткацкого производства ООО «ПТФ» г. Тейково Ивановской обл. за период январь – май 2021 г. Анализ показывает следующую статистику простоев, табл. 1:

Распределение поломок станка по узлам

Узел (механизм)	Количество поломок, %
Механизм прокладки утка	29,9
Батанный механизм	15
Ремизоподъемный механизм	29,6
Товарный регулятор	5,9
Привод	11,3
Остов	3,6
Другое (перемотка вальяна, товарного и прижимных валов, заломы и т.п)	4,7

Из данных табл. 1 следует, что самая весомая доля поломок станка приходится на механизм прокладки утка и ремизоподъемный механизм – около 30%, что показывает на весьма высокую актуальность модернизации данных механизмов.

В данной работе рассмотрены основные направления модернизации зевобразовательного механизма. Ткацкие станки СТБ оснащены зевобразовательным кулачковым механизмом на десять ремизок. Шаг ремизок равен 12 мм. Для выработки тканей различных рисунков переплетении изготавливают кулачки соответствующих профилей. Схема зевобразовательного механизма станка показана на рис.1.

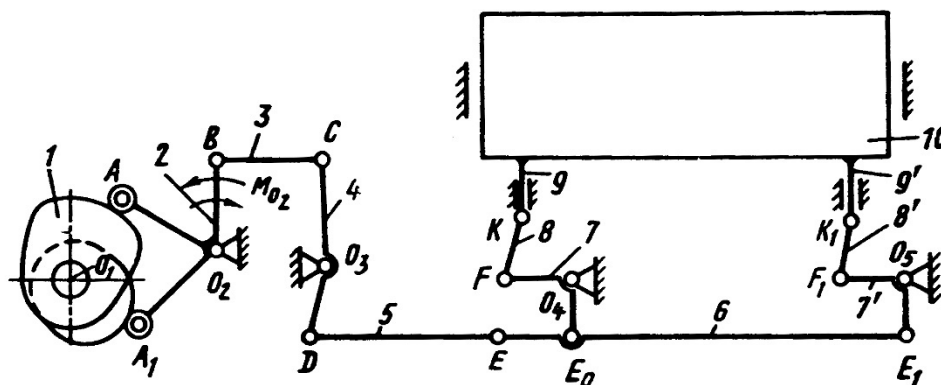


Рис.1. Схема зевобразовательного механизма бесчелночных ткацких станков СТБ

Ремизная рама 10 вместе со штангами получает прямолинейно-поступательное движение от приводного кулачка 1 и трехплечего рычага 2 с роликами А и А<sub>1</sub> через звенья 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 7', 8', 9'. Механизм плоский, но т.к. звенья 7 и 7' дублируются в каждой ремизке, получается многозвенная конструкция. Звенья сочленяются в кинематических парах А, В, С, Д, Е, Е<sub>0</sub>, Е<sub>1</sub>, F, F<sub>1</sub>, К, К<sub>1</sub> при неподвижных осях вращения O<sub>1</sub>, O<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, O<sub>4</sub>, O<sub>5</sub>. Высота зева регулируется в широких пределах путем изменения положения шарнира В на рычаге 1. Ремизные рамы изготавливаются пустотелыми из легкого сплава.

Основные направления модернизации зевобразовательного механизма:

- обеспечение безударной работы механизма за счет оптимизации закона движения толкателя);
- обеспечение высокой производительности при минимальном расходе электроэнергии;

- обеспечение надежности и долговечности работы механизма (за счет снижения максимальных значений нагрузок и применения рациональных смазочных материалов в узлах трения);

- обеспечение технологичности изготовления ответственных деталей (профили кулачков, валы и т.д.) [1];

- обеспечение конструктивных решений для рационального расположения центров масс звеньев с точки зрения минимизации значений реакций в кинематических парах механизма и некоторые др.

В большинстве случаев при профилировании кулачков исполнительных механизмов задаются законом движения толкателя, а не выходного звена (в батанных механизмах - лопасти батана, в зевобразовательных – ремизных рамок) [3, 4]. Рекомендации по обоснованию выбора конструкции механизма и выбору оптимального закона движения толкателя приведены в работе [2].

Выбор закона движения толкателя для фаз удаления и сближения (для ремизок при их подъеме и опускании) определяется необходимостью осуществления технологического процесса, обеспечения высокой производительности ткацкого станка при минимальном расходе энергии и обеспечения надежности и долговечности работы механизма.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Левитский, Н. И. Кулачковые механизмы: учеб. для вузов/Н.И. Левитский. – М.: Машиностроение, 1964. – 288 с.
2. Суров, В.А. Динамика упругих систем батанных механизмов металлотакающих станков / В.А. Суров, А.А. Тувин. – Иваново: ИГТА, 2004. - 184 с.
3. Тувин, А.А. Компьютерное моделирование механизма образования зева металлотакающих станков / А.А. Тувин, Д.А. Пирогов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. - 2009. – N 6. - С. 119-121.
4. Жукова, Е.А. Обоснование выбора конструкции и закона движения толкателя зевобразовательных механизмов ткацких станков типа СТБ / Е.А. Жукова, А.А. Тувин: Ивановский государственный политехнический университет: Молодые ученые – развитию национальной технологической инициативы» (Поиск – 2021): сборник материалов межвуз. науч.-техн. конф. аспирантов и студентов с межд.участием. - Иваново: ИВГПУ. 2021. - С.37-40.

## ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ КОСТЮМНОГО АССОРТИМЕНТА ИЗ ЛЬНЯНЫХ МАТЕРИАЛОВ

### TECHNOLOGY FOR MAKING SUIT CLOTHES FROM LINEN MATERIALS

О.В. Радченко, Н.Л. Корнилова, Е.А. Шолохова, П.А. Овсянникова  
O.V. Radchenko, N.L. Kornilova, E.A. Sholokhova, P.A. Ovsyannikova

Ивановский государственный политехнический университет  
Ivanovo State Polytechnic University  
E-mail: radchenale@yandex.ru, nkorn@mail.ru, Sholokhova.ru@gmail.com,  
ovsannikovapolina@gmail.com

Предлагается технология изготовления льняной одежды, совмещенная с биомодификацией тканей малым объемом раствора целлюлазного биопрепарата, позволяющим заполнить межнитяные и межволоконные пространства ткани без набухания льняного волокна. Представлены результаты снижения жесткости ткани при использовании различных режимов маломодульной обработки. Показано, что сочетание режимов позволяет получать из неумягченной льняной ткани швейные изделия костюмного ассортимента с заданной степенью мягкости и пластичности в зависимости от проектируемой объемно-силуэтной формы изделия.

**Ключевые слова:** льняные ткани, жесткость ткани, маломодульное биохимическое смягчение, объемная форма и степень пластичности изделия, технология пошива.

The authors proposed a technology for making linen clothes, combined with biomodification of fabric with small volume of cellulase preparations, that allows filling the interstitial and interfiber spaces of the tissue without swelling of the flax fiber. The results of fabric stiffness reduction when using different processing modes are presented. It is shown that the combination of modes makes it possible to obtain from non-softened linen fabric the costume garments with a given degree of softness and plasticity, depending on the projected volumetric-silhouette shape of the product.

**Keywords:** linen fabrics, stiffness index, low-modulus biochemical softening, volume shape and degree of plasticity of the product, sewing technology.

Использование в швейном производстве льняных тканей с химическим или ферментативным умягчением вызывает ряд трудностей, осложняющих технологический процесс. Повышение гладкости волокнистого материала приводит к ухудшению точности раскроя деталей в результате смещения полотен в настиле, а увеличение подвижности нитей в структуре переплетений проявляется в повышенной деформации ткани по линиям шва. Современные тенденции рациональной организации промышленного производства одежды из целлюлозных материалов предусматривают перенос операций финишной отделки в технологический цикл изготовления швейной продукции. В условиях массового изготовления одежды перед обработкой сшитого изделия отделочной композицией проводят промывку для удаления с материала производственных загрязнений и умягчения одежды [1-3].

Один из путей решения проблемы – это градиентное смягчение швейных изделий. Для реализации метода градиентного смягчения предложено использование жидкостного и маломодульного способов ферментативной обработки. В основу технологических разработок положены фундаментальные исследования специалистов Института химии растворов им. Г.А. Крестова РАН [4, 5]. Жидкостной способ ферментативного смягчения в технологии изготовления одежды предложен и исследован для изделий платьево-блузочного ассортимента [6, 7]. Маломодульный способ предполагает обработку полуфабрикатов швейного изделия малым объемом раствора биопрепарата, позволяющим заполнить межнитяные и межволоконные пространства ткани без набухания льняного волокна.

Для исследований использованы льняные материалы, характеристика которых приведена в табл. 1.

Таблица 1

Характеристика льняных тканей костюмного ассортимента, использованных при испытании режимов маломодульного мягчения

Обозначение материала	Особенности рисунка	Переплетение	Поверхностная плотность, г/м <sup>2</sup>	Жесткость, EI, мН·см <sup>2</sup>		Разрывная нагрузка, P, Н	
				основа	уток	основа	уток
ОМ1	гладкокрашенный	полотняное	266	30,4	21,0	278	291
ОМ2	печатный рисунок	полотняное	183	11,3	11,6	225	216
ОМ3	гладкокрашенный	полотняное	228	40,2	18,8	346	207

Сопоставлены восемь режимов одностадийного маломодульного мягчения:

- режим М1 - одностадийное маломодульное мягчение раствором ферментного препарата концентрацией 20 г/л с контролируемой степенью отжима 100%, выдержка полуфабрикатов в воздушном термостате в течение 60 мин;

- режим М1\_1 - одностадийное маломодульное мягчение раствором ферментного препарата концентрацией 20 г/л с контролируемой степенью отжима 100%, выдержка полуфабрикатов в воздушном термостате в течение 60 мин, ворсование тыльной поверхности образцов;

- режим М2 - одностадийное маломодульное мягчение раствором ферментного препарата концентрацией 20 г/л с контролируемой степенью отжима 100%, выдержка полуфабрикатов в воздушном термостате в течение 120 мин;

- режим М2\_2 - одностадийное маломодульное мягчение раствором ферментного препарата концентрацией 20 г/л с контролируемой степенью отжима 100%, выдержка полуфабрикатов в воздушном термостате в течение 120 мин, ворсование тыльной поверхности образцов;

- режим М3 - одностадийное маломодульное мягчение раствором ферментного препарата концентрацией 20 г/л с контролируемой степенью отжима 150%, выдержка полуфабрикатов в воздушном термостате в течение 60 мин;

- режим М3\_3 - одностадийное маломодульное мягчение раствором ферментного препарата концентрацией 20 г/л с контролируемой степенью отжима 150%, выдержка полуфабрикатов в воздушном термостате в течение 60 мин, ворсование тыльной поверхности образцов;

- режим М4 - одностадийное маломодульное мягчение раствором ферментного препарата концентрацией 20 г/л с контролируемой степенью отжима 150%, выдержка полуфабрикатов в воздушном термостате в течение 120 мин;

- режим М4\_4 - одностадийное маломодульное мягчение раствором ферментного препарата концентрацией 20 г/л с контролируемой степенью отжима 150%, выдержка полуфабрикатов в воздушном термостате в течение 120 мин, ворсование тыльной поверхности образцов.

На рис. 1 суммированы данные изменения показателя жесткости тканей.

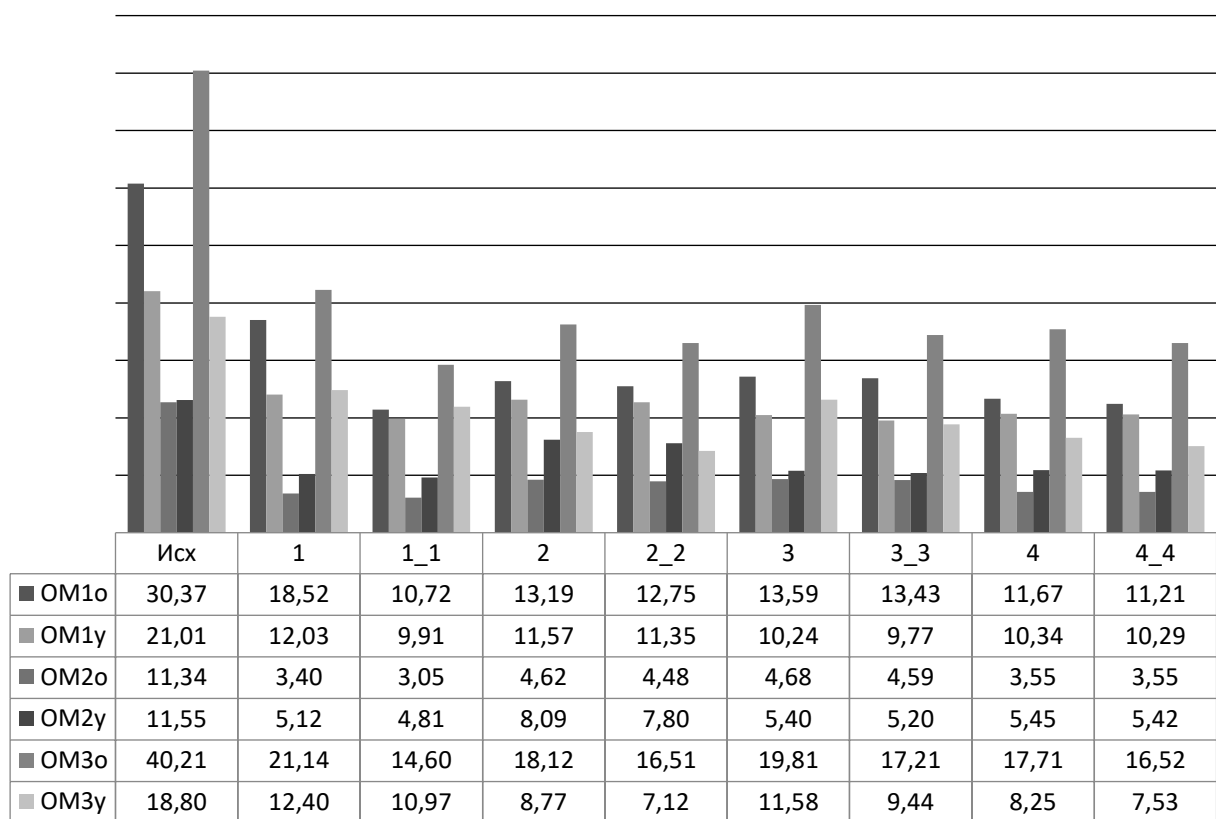


Рис. 1. Изменение показателя жесткости тканей ( $EI_{тк}$ , мН·см<sup>2</sup>) по основе и утку после умягчающей отделки с применением разных режимов

При наличии общей тенденции к повышению эффективности мягчения при переходе от базового варианта обработки (M1, M2, M3, M4) к режимам с дополнительным механическим воздействием (M1\_1, M2\_2, M3\_3, M4\_4) следует отметить, что в целом эффективность ворсования не значительна и максимальная при использовании режима M1\_1, при котором дополнительное снижение жесткости составляет 1,1-1,7 раз. Увеличение времени выдержки с 60 до 120 минут (режимы M2 и M4) дает незначительный эффект для тканей OM1 и OM3, а для ткани OM2 характеризуется ухудшением результата. Можно сделать вывод, что увеличение времени выдержки целесообразно только для тканей с повышенной жесткостью (более 20 мНсм<sup>2</sup> в любом направлении) и плотной структурой нити.

Следовательно, варьирование различных вариантов обработки при использовании одних и тех же препаратов позволяет изменять жесткость исходного материала в широком диапазоне. Данное свойство предложено использовать при разработке технологии изготовления изделий костюмного ассортимента, совмещенной с биомодификацией ткани. Так, для получения деталей мягко-пластичной формы, имеющих наименьшую жесткость, целесообразно использование режима M1\_1, а для формообразующих деталей – режима M1. Для комбинации вышеуказанных режимов предложены следующие этапы изготовления женского жакета:

- 1) анализ модели и выбор вариантов конструктивного решения (числа и направления линий членения) с учетом объемно-силуэтной формы;
- 2) определение требований к жесткости деталей, участков деталей и узлов проектируемого жакета; разделение деталей (участков деталей) на группы по желаемому показателю жесткости: высокая, средняя, малая;
- 3) внесение внутренних изменений в шаблоны деталей для учета величины усадки ткани, раскрой деталей изделия с учетом припусков на швы и дополнительную подрезку;
- 4) заготовка деталей и узлов: соединение отдельных деталей и узлов, при условии отнесения их к одной группе жесткости;



- 5) обработка деталей с использованием режима М1;
- 6) обработка деталей средней жесткости с использованием режима М1\_1 и ворсование деталей малой жесткости;
- 7) подрезка деталей полуфабриката после умягчающей обработки;
- 8) монтаж основных узлов изделия.

Ниже приведен пример изготовления женского жакета отрезного по линии талии (рис. 2) из костюмной чистольняной ткани ОМЗ.

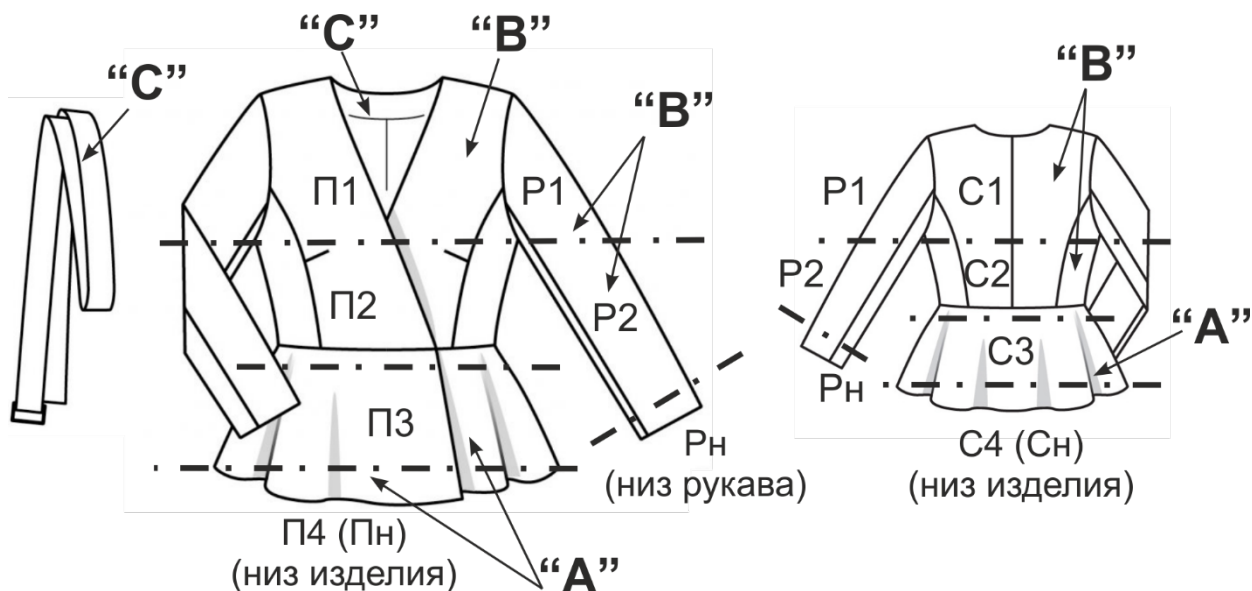


Рис. 2. Модель жакета мягко-фиксированной формы

Модель имеет умеренную объемную мягко-фиксированную форму в зонах П1; П2; С1; С2; Р1; Р2 и Рн и большую объемную мягко-пластичной форму в зонах П3; П4; С3; С4.

Узлы полуфабриката разделили на три группы для проведения разных режимов отделки. В группу «А» объединили узлы нижней части жакета, которым необходимо придать минимальный уровень жесткости. В группу «В» объединили узлы верхней части жакета (верхние части полочек, верхние части правой и левой спинки), детали рукавов, для которых допустимы более высокие показатели жесткости. В отдельную группу «С» вошли детали обтачки горловины и подборта, для которых необходимо сохранение жесткости материала для качественной обработки выреза и краев горловины, детали пояса.

Изготовление изделия выполняли в соответствии с блок-схемой, представленной на рис. 3.

## ЗАГОТОВКА

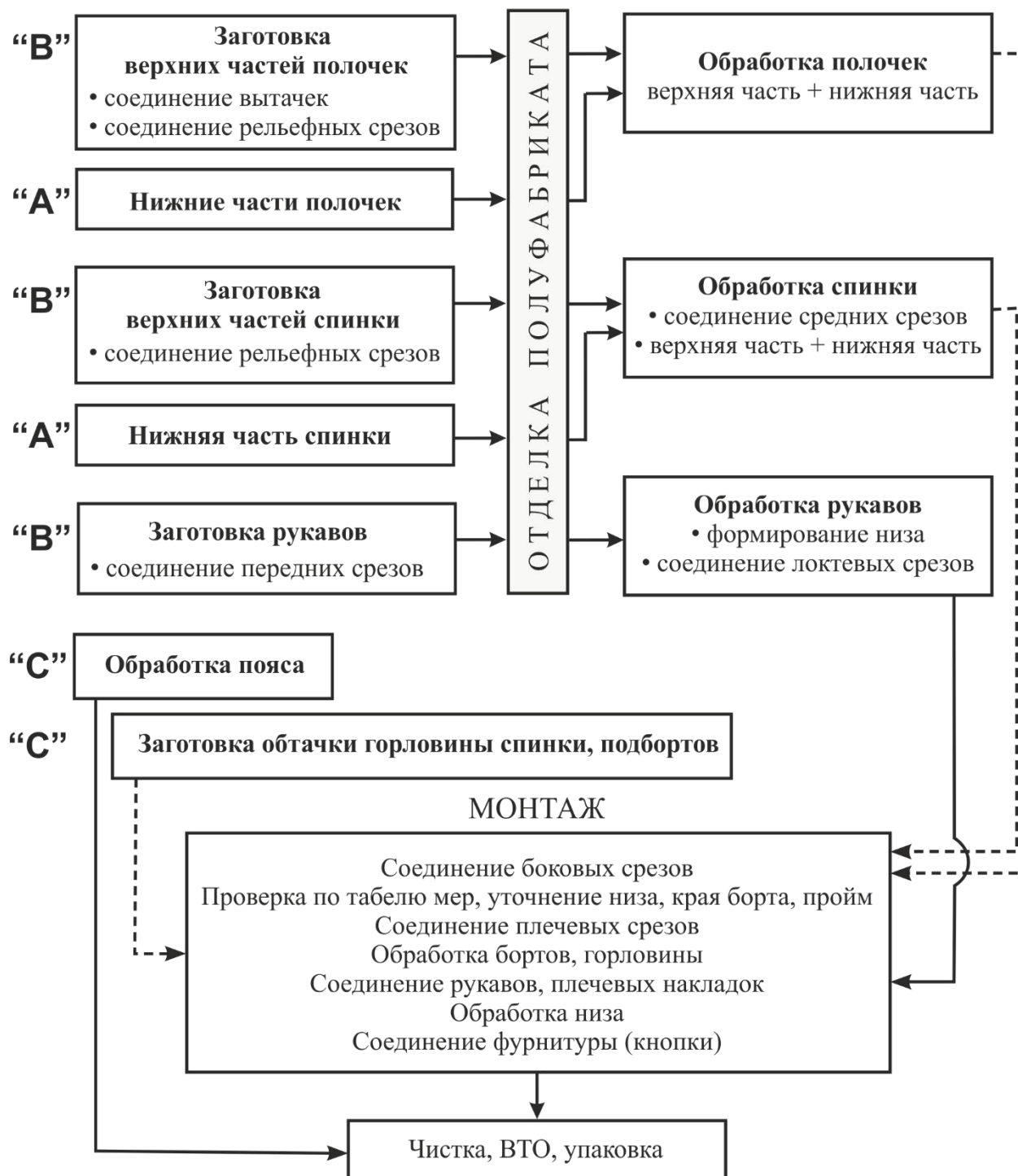


Рис. 3. Схема сборки жакета. Технология с маломодульной обработкой полуфабрикатов

Таким образом, предполагается отказаться от свойственного аналогам тотального воздействия энзимов во всем объеме льняного волокна с переходом на методы пространственно локализованного действия биокатализаторов в определенных структурных зонах субстрата. Предполагается освоить новый подход к решению проблемы – *градиентное смягчение* швейных изделий. Этот метод позволит получать из неумягченной льняной ткани швейную продукцию с заданной степенью мягкости и регулируемым изменением соотношения жесткости ткани и жесткости соединительных швов в узлах изделия с учетом выявленных требований для создания продукции разных объемно-пластических форм.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Патент CN 111074533A, кл. D06M 11/155, заявл. 18.10.2018, опубл. 28.04.2020.
2. Патент CN 111074578A, кл. D06M 15/17, заявл. 18.10.2018, опубл. 28.04.2020.
3. Патент CN 111074631A, кл. D06M 15/647, заявл. 19.10.2018, опубл. 28.04.2020.
4. Алеева С.В., Кокшаров С.А. Влияние химических способов подготовки льняного волокна на свойства формируемой пряжи // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2015. № 6 (360). С. 94-98.
5. Алеева С.В., Кокшаров С.А. Химия и технология биокатализируемого наноконструирования льняных текстильных материалов // Российский химический журнал. 2011. Т. 55. № 3. С. 46-58.
6. Овсянникова П.А., Радченко О.В., Шаммут Ю.А., Шолохова Е.А. Исследование жесткости изделий платьево-блузочного ассортимента // Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX). 2020. № 1. С. 355-360.
7. Корнилова Н.Л., Кокшаров С.А., Радченко О.В., Шаммут Ю.А. Моделирование жесткости композиционных материалов для одежды // В сборнике: Новые полимерные композиционные материалы. Материалы XVI Международной научно-практической конференции. 2020. С. 213-217.

## ТРЕНДЫ РАЗВИТИЯ ЦИФРОВОЙ МОДЫ В КЛЮЧЕВЫХ АСПЕКТАХ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

### DIGITAL FASHION DEVELOPMENT TRENDS IN KEY ASPECTS OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT

Н.А. Сахарова<sup>1</sup>, М. Коркут<sup>2</sup>, Мохаммад Бесал Ахмед<sup>3</sup>  
N.A. Sakharova<sup>1</sup>, M. Korkut<sup>2</sup>, Mohammad Besal Ahmed<sup>3</sup>

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

<sup>2</sup>3d конструктор, фрилансер, Турция

<sup>3</sup> Университет моды и технологий, Бангладеш

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

<sup>2</sup>3d pattern maker, freelancer, Turkey

<sup>3</sup>BGMEA University of Fashion and Technology, Bangladesh

E-mail: nata1\_77@bk.ru<sup>1</sup>, muyago@gmail.com<sup>2</sup>, mdbesalahmed12@gmail.com<sup>3</sup>

Приведены направления развития индустрии моды с использованием технологий трехмерного проектирования. Показаны траектории развития в ключевых аспектах устойчивого развития, сохранения экологии. В работе представлены примеры практического использования трендовых направлений digital fashion в России, Турции и Бангладеш в производстве и учебном процессе.

Ключевые слова: fashion индустрия; бренд; цифровая мода; кастомизация; виртуальный дизайн, кастомизация.

The paper presents the current trends in the development of the fashion industry using three-dimensional design technologies. The trajectories of the development of this sphere in the key aspects of sustainable development are shown. Demonstrated the benefits of custom clothing design. The paper presents examples of the practical use of the basic directions of digital fashion in Russia, Turkey and Bangladesh in industrial production and the educational process.

Key words: fashion industry; brand; digital fashion; customization; virtual design, customization.

Сложившаяся в мире эпидемиологическая ситуация по COVID-19 способствовала значительной трансформации различных сфер человеческой деятельности, в том числе индустрии моды. Внедрение новых IT-технологий изменили траекторию развития индустрии в digital среду. Изменения произошли не только в самом процессе проектирования на базе САПР 3D, но и в организации онлайн ритейла, актуализации кастомного дизайна. Появилось большое количество стартапов, деятельность которых направлена на создание виртуальных примерочных. Цифровая одежда в чат-ботах с элементами дополненной реальности (AR) стада доступна через социальные медиа. Так, компания Texel запустила шмотобот в Telegram, с помощью которого можно примерить любую модель из каталога на свое или чужое фото. Используется комбинация из двух нейронных сетей. Сети распознают особенности фигуры человека, что дает возможность выполнить примерку цифровой модели [1]. Полученный образ может быть выставлен пользователем в своем аккаунте и при этом не нужно покупать материальную одежду для представления нового модного лука.

Ярким событием лета 2021 года стала первая цифровая неделя моды в Бразилии и Латинской Америке – METAFASH. Участвовали 3D дизайнеры из более 50 стран мира и все модели были позиционированы в цифровом формате. При этом организаторы недели моды использовали для коммуникации участников, демонстрации моделей исключительные цифровые платформы: виртуальный showroom с элементами AR, где можно было примерить любую понравившуюся модель, виртуальный выставочный зал, магазин цифровой одежды.

Сам показ digital моделей состоялся в формате виртуальной реальности (VR) с использованием приложения Engage (рис.1) [2,3].

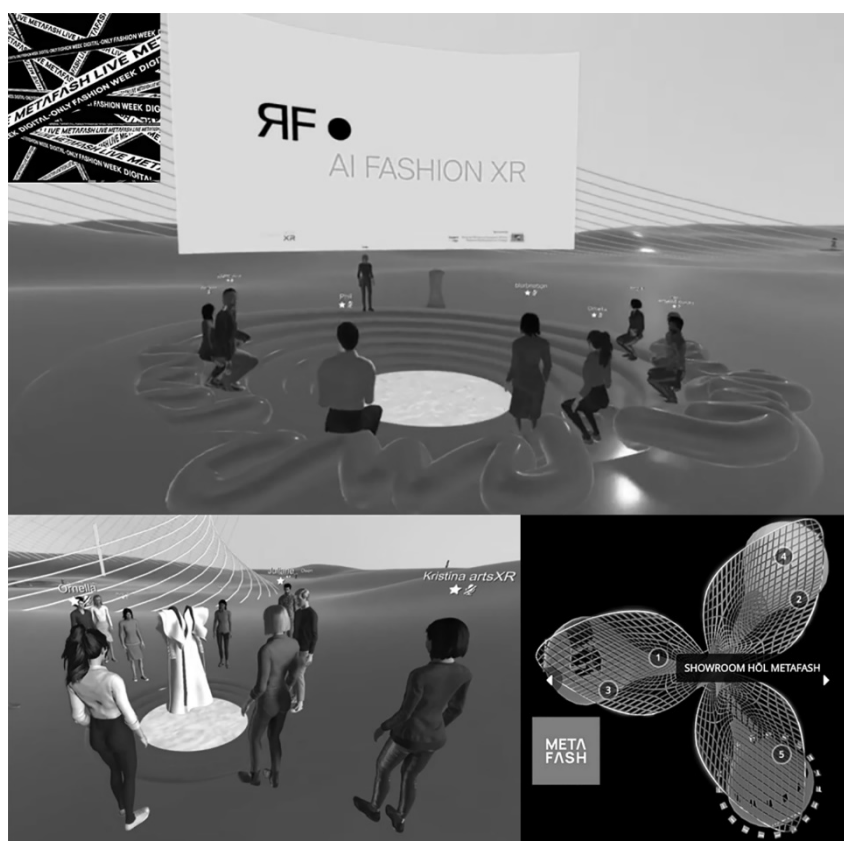


Рис.1. Фрагменты цифровых платформ METAFASH [2]

Цель проведения мероприятия – не только пропаганда нового цифрового направления развития индустрии, демонстрация преимуществ, но и обсуждение важных вопросов в общей концепции устойчивого развития [4].

Экономика, нацеленная только на максимизацию прибыли и нецелесообразное использование природных ресурсов, привела к серьезной деградации экологии. Перепроизводство, в том числе одежды, это одна из глобальных проблем, решение которой возможно за счет дигитализации модной индустрии. По оценкам экспертов в среднем в год производится около 150 млрд. различных видов одежды и около 60% от этого числа оказывается на свалках, мусоросжигательных заводах. Около 3000 литров воды уходит, например, на производство одной трикотажной футболки. Срок ее эксплуатации примерно 10 раз носки. Ученые уже проводят расчеты, которые показывают, что в случае разумного потребления ресурсов и использования технологий трехмерного проектирования уменьшится выброс углекислого газа в атмосферу и расход воды для производства той одежды, которая, возможно, покупателем не будет востребована никогда.

В настоящее время наметилось три основных тренда развития digital fashion (рис.2).

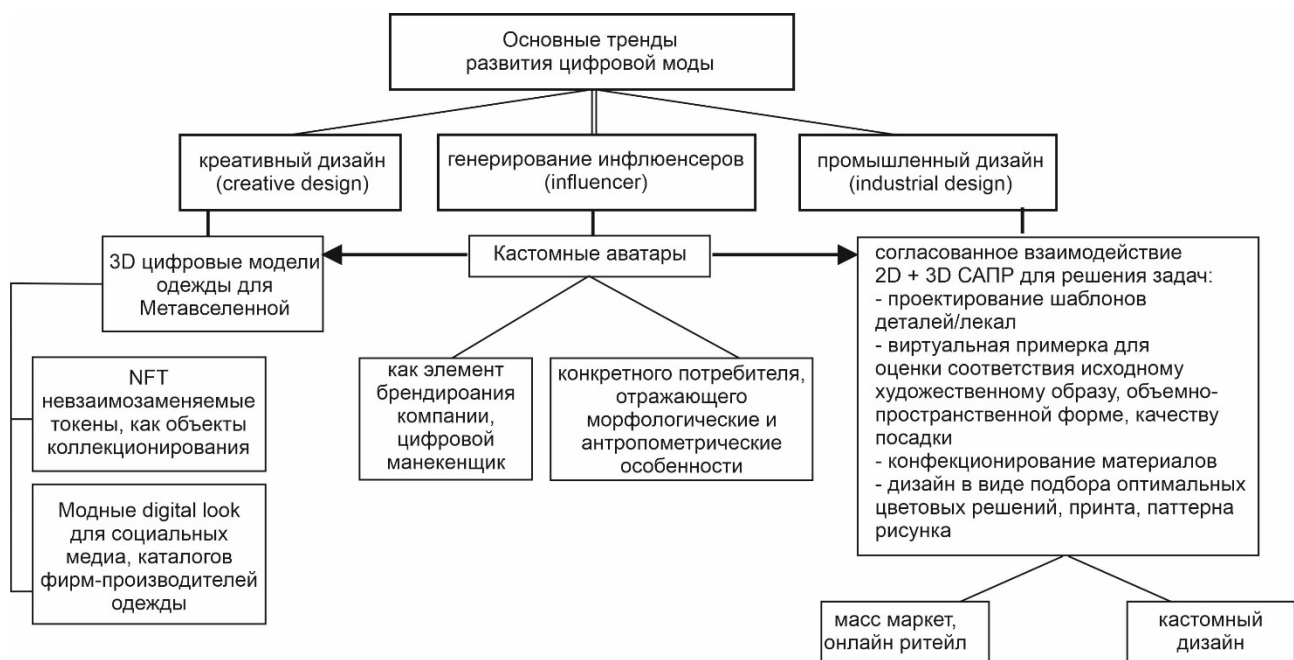


Рис.2. Основные тренды развития цифровой моды

Наиболее активным сейчас является первое направление – creative design. Это так называемые модели для Метавселенной, в которых ключевой аспект – креатив, футуризм, неносибельность. Эти модели позиционируются в качестве невозможных токенов (NFT) и являются предметом продажи, коллекционирования. Создано уже достаточно большое число платформ для их ритейла, например, Fabricant, Replicant, DressX, DIGITALAX и др. [5-8].

В параллели с ним развивается направление по генерированию цифровых инфлюенсеров, которые являются моделями-аватарами, как элемент айдентики конкретного бренда, «лицо» компании. Инфлюенсеры выступают в качестве телеведущих, блогеров социальных сетей. Так, в будущем году запланирован виртуальный концерт ABBA Voyage. Исполнители предстанут перед публикой в виде виртуальных реплик [9]. Возникает спрос на кастомных аватаров конкретных потребителей. Таковые будут востребованы в онлайн ритейле для примерки цифровых моделей через платформы масс маркета. Основная цель – минимизация возврата одежды из-за несоответствия параметрам фигуры.

Без внимания не остается направление промышленного дизайна. Для его активной трансформации необходимо согласованное взаимодействие ресурсов 2D и 3D САПР и большая информативность баз данных о морфологии и антропометрии фигур, показателях свойств текстильных материалов. Например, в ряде 3D программ свойства материалов представлены показателями, которых нет в российских стандартах, а принцип измерения размерных признаков аватаров отличен от принятого в РФ, что не позволяет сгенерировать фигуры, максимально соответствующие действующей размерной типологии. Кроме того, нет возможности точной передачи свойств пакета материалов, которые изменяются, например, после ВТО. Однако использование виртуальной примерки уже сегодня на этапе художественно-конструкторской проработки моделей позволяет оценить качество разработки лекал, увидеть проектируемую объемно-пространственную форму изделия еще до его материального воплощения. Примерка при этом не исключает необходимости изготовления материальных образцов. 3D – это лишь инструмент, который помогает специалисту в решении ряда задач, но при этом не заменяет выполнения основных этапов конструкторско-технологической подготовки модели к запуску в промышленное производство.

Зарубежные компании уже активизировали процесс перевода материальных моделей в цифровые (Levi's, Zara, H&M и др.). В штате сотрудников востребованы 3D конструкторы, которые по готовым плоским лекалам в программах трехмерного проектирования генерируют

цифровые копии. Их применяют в каталогах, размещают в интернет-магазинах, таковые уже появились на Wildberries (рис.3).



Рис.3. Примеры цифровых моделей, разрабатываемых для размещения на платформах масс маркета: а - автор цифровых моделей М.Кorkut, Турция;  
б – авторские модели Н.Сахаровой, Россия

Меняющиеся тренды повышают спрос на специалистов в области 3D технологий – конструкторов, дизайнеров. В связи происходит пересмотр классических систем преподавания в направлении интеграции новых веяний в образовательный процесс. На кафедре конструирования швейных изделий ИВГПУ реализуются НИР по виртуальной реконструкции исторической одежды, студенты разрабатывают цифровые модели из своих авторских коллекций выпускной квалификационной работы, а также в объеме специальных дисциплин и учебных практик. Совместное сотрудничество с рядом зарубежных вузов и школ моды также подтверждает актуальность этого направления [10-11]. Например, в университете моды и технологий (BGMEA) студенты выполняют проекты-коллаборации на стыке САПР Lectra Modaris и CLO3D (рис.4). Многие работают на фрилансе и разрабатывают цифровые модели для известных европейских брендов.



Рис.4. Пример студенческой промышленной коллекции  
(автор Mohammad Besal Ahmed, Бангладеш)

Таким образом, сфера индустрии моды активно трансформируется в общей концепции индустрии 4.0. Происходящие изменения позволят оптимизировать fashion бизнес в направлениях B2B и B2C, а также решить проблему с перепроизводством одежды. Дижитализация моды за разумное потребление.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Разработчики технологий для 3D сканирования человека TEXEL запустил бот виртуальной примерки одежды Электронный ресурс - <https://rb.ru/news/texel-fashion/>
2. METAFASH Электронный ресурс - <https://play.metafash.live/>
3. Engage Электронный ресурс - <https://engagevr.io/>
4. Устойчивое развитие: что это и в чем его значимость Электронный ресурс - <https://www.forbes.ru/obshchestvo/425081-ustoychivoe-razvitie-cto-eto-takoe-i-v-chem-ego-znachimost>
5. Цифровой дом моды Электронный ресурс - <https://www.thefabricant.com/>
6. Replicant – магазин цифровой одежды Электронный ресурс - [www.replicant.fashion](http://www.replicant.fashion)
7. DressX Электронный ресурс - <https://dressx.com/>
8. DIGITALAX Электронный ресурс - <https://www.digitalax.xyz/homepage>
9. Abba порадовала поклонников новым альбомом из 10 песен и виртуальным концертом Электронный ресурс - <https://www.bbc.com/news/entertainment-arts-58423452?fbclid=IwAR07Eur4hzod42lgrZ9QqaaWJE9NfEA3vmg67pBBJLnXXCJOdT0WkISD1Cc>
10. Сахарова, Н.А. Цифровая мода – новая траектория развития fashion индустрии / Н.А.Сахарова // Light Conf 2021. «Наука - Технологии - Производство»: матер. международн. науч.-технич. конф. 29-31 марта 2021 г. / СПб.: ФГБОУВО «СПбГУПТД», 2021. – С.33-34.
11. Абилова, С.О. Интеграция трендов цифровой моды в образовательный процесс подготовки специалистов в области конструирования и дизайна одежды / С.О.Абилова, Н.А.Сахарова, G.Pazzanese // Молодые ученые – развитию Национальной технологической инициативы (ПОИСК – 2021): сб. материалов Национальной (с международным участием) молодёжной научно-технической конференции. – Иваново: ИВГПУ, 2021. – С.498-500



## РАЗРАБОТКА ДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ БАТАННОГО МЕХАНИЗМА ТКАЦКИХ СТАНКОВ ТИПА СТБ

### DEVELOPMENT OF A DYNAMIC MODEL OF A BATANA MECHANISM FOR WEAVING MACHINES STB TYPE

А.П. Скрехин, А.А. Тувин  
A.P. Skrehin, A.A. Tuvin

Ивановский государственный политехнический университет  
Ivanovo State Polytechnic University

В работе рассмотрена схема динамической модели батанного механизма ткацких станков типа СТБ, для которой составлены дифференциальное уравнение движения элемента вала, определены уравнения формы колебаний, уравнения для определения собственных частот и форм свободных колебаний бруса батана.

Ключевые слова: ткацкий станок, батанный механизм, динамика, динамическая модель, уравнение движения, собственная частота, форма свободных колебаний.

The paper considers the scheme of the dynamic model of the batan mechanism of the weaving looms of the STB type, for which the differential equation of motion of the shaft element is compiled, the equations of the vibration modes, equations for determining the natural frequencies and the forms of free vibration of the batan bar are determined.

Key words: loom, batan mechanism, dynamics, dynamic model, equation of motion, natural frequency, form of free oscillations.

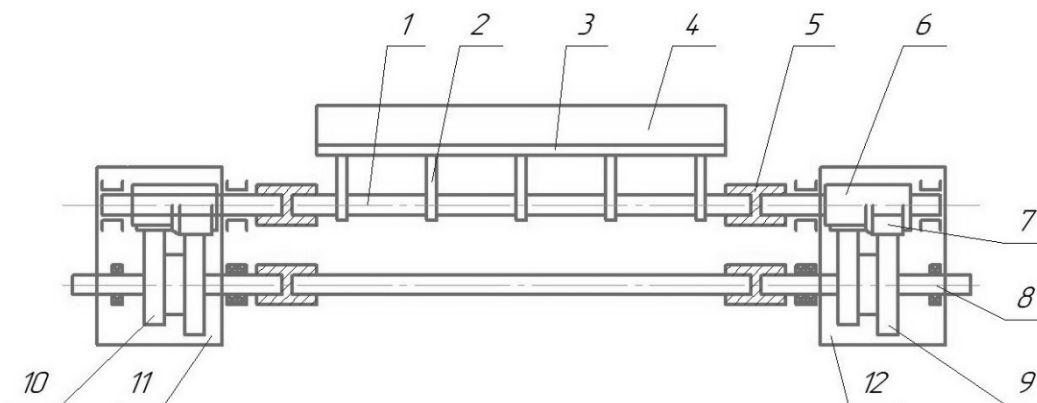


Рис. 1

В батанном механизме (рис. 1) имеются две основные группы элементов. К первой относится подбатанный вал 1 с лопастями 2 и муфтами 5, в основном определяющий жесткость на кручение батана и в меньшей степени определяющий его момент инерции. Ко второй относятся брус 3 с бердом 4 и коромысла 6 с роликами 7, мало влияющие на жесткость батана, но обладающие большим моментом инерции. Влияние малых упругих деформаций в системе привода на движение батана невелико, поэтому главный вал 8 с кулачками 9 и 10, размещенными в батанных коробках 11 и 12, можно рассматривать как абсолютно жесткий, а его угловую скорость считать постоянной.

Рассмотрим собственные крутильные колебания ненагруженного батана, которые проявляются в положении его выстоя, рис.2.

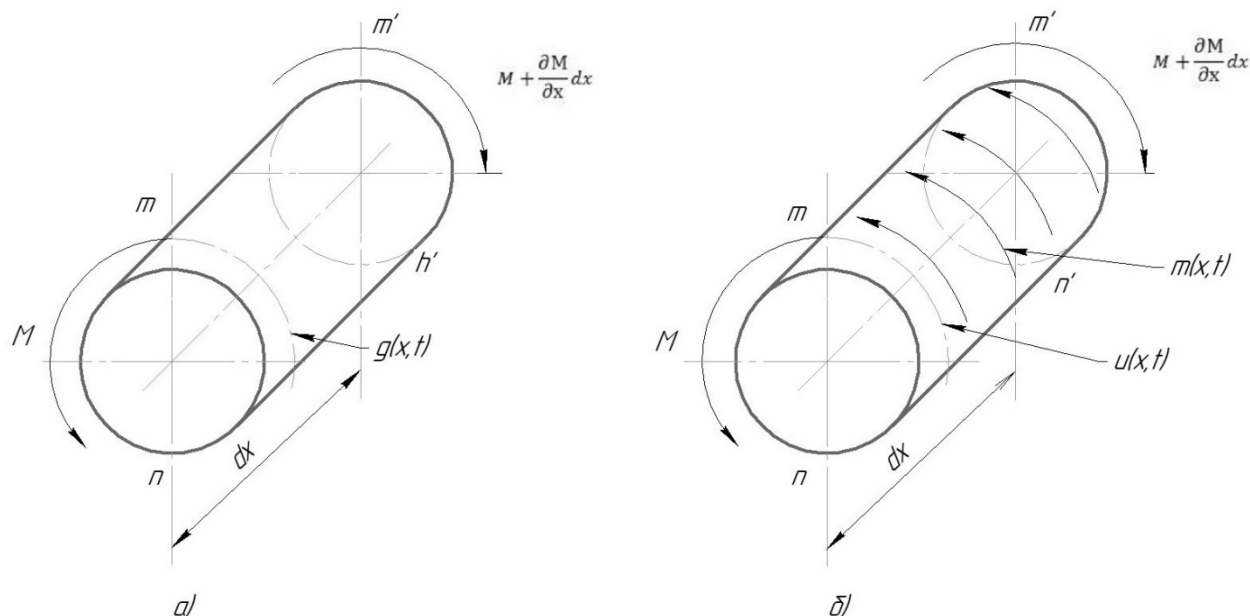


Рис. 2

Дифференциальное уравнение крутильных колебаний вала батана можно получить, рассматривая движение элемента вала, расположенного между двумя смежными поперечными сечениями  $m\ n$  и  $m_1\ n_1$  (рис. 2, а). Обозначим  $g(x, t)$  – угол поворота произвольного поперечного сечения  $mn$  вала при колебаниях. Это перемещение зависит от координаты сечения  $x$  и от времени  $t$ . Крутящий момент  $M$  в поперечном сечении  $mn$  вала связан с углом поворота  $g(x, t)$  по формуле

$$M = GJ_p \frac{\partial g(x, t)}{\partial x}.$$

В смежном сечении  $m_1\ n_1$  крутящий момент равен

$$M + dM = GJ_p \frac{\partial g(x, t)}{\partial x} + GJ_p \frac{\partial^2 g(x, t)}{\partial x^2} dx.$$

Момент сил инерции элементарного участка вала длиной  $dx$  равен

$$-\rho dx \frac{\partial^2 g(x, t)}{\partial t^2}.$$

Применяя принцип Даламбера, получим следующее дифференциальное уравнение движения элемента вала:

$$\rho \frac{\partial^2 g(x, t)}{\partial t^2} - GJ_p \frac{\partial^2 g(x, t)}{\partial x^2} = 0,$$

Или

$$\frac{\partial^2 g(x, t)}{\partial t^2} - a_*^2 \frac{\partial^2 g(x, t)}{\partial x^2} = 0, \quad (1)$$

Где

$$a_*^2 \frac{GJ_p}{\rho}. \quad (2)$$

Уравнение (1) представляет собой однородное линейное дифференциальное уравнение второго порядка в частных производных. По методу Фурье решение этого уравнения может быть в виде

$$g(x, t) = y(x) \cdot \sin(pt + \alpha), \quad (3)$$

где  $p$  – круговая частота собственных крутильных колебаний, а  $y(x)$  – функция координаты  $x$ , характеризующая изменение амплитуд крутильных колебаний по длине вала, то есть определяющая форму колебаний,  $\alpha$  – начальная фаза колебаний.

После подстановки этого выражения в уравнение (1) и сокращения на  $\sin(pt+\alpha)$  получим обыкновенное дифференциальное уравнение

$$\frac{d^2 y(x)}{dx^2} + k^2 y(x) = 0, \quad \left(k = \frac{p}{a_*}\right). \quad (4)$$

Решением уравнения (4) является

$$y(x) = C_1 \cos kx + C_2 \sin kx, \quad (5)$$

где  $C_1$  и  $C_2$  – произвольные постоянные.

Функция (5), определяющая формы колебаний, должна удовлетворять граничным условиям на концах вала батана. Если на концах вала имеются две упругие опоры с жесткостью  $c_0$ , эти условия имеют вид

$$GJ_p \left(\frac{dg}{dx}\right)_{x=0} = c_0 g(x, t)_{x=0}, \quad GJ_p \left(\frac{dg}{dx}\right)_{x=l} = -c_0 g(x, t)_{x=l}. \quad (6)$$

Подставляя сюда решение (3), получим:

$$GJ_p \left(\frac{dy}{dx}\right)_{x=0} = c_0 y(0), \quad GJ_p \left(\frac{dy}{dx}\right)_{x=l} = -c_0 y(l). \quad (7)$$

Уравнение (5) после подстановки в него постоянных интегрирования  $C_1$  и  $C_2$ , найденных из граничных условий (7), определяет формы колебаний батана с двумя упругими опорами:

$$y(x) = \cos kx + \frac{c_0}{kGJ_p} \sin kx, \quad \left(C_2 = \frac{c_0}{kGJ_p} C_1\right). \quad (8)$$

(так как существенна лишь форма колебаний, а не её масштаб, с точностью до постоянного множителя  $C_1 \leq 1$ ).

Выполнение граничных условий (7) дает систему однородных уравнений относительно коэффициентов  $C_1$  и  $C_2$ :

$$\left. \begin{aligned} c_0 C_1 - kGJ_p C_2 &= 0; \\ -(kGJ_p \sin kl + c_0 \cos kl)C_1 + (kGJ_p \cos kl + c_0 \sin kl)C_2 &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

Приравнявая определитель этой системы нулю, получим уравнение для определения собственных частот

$$tg \mu = -\frac{2v \cdot \mu}{1 - v^2 \mu^2}, \quad \left( \mu = kl = \frac{p}{a_*} \right), \quad (10)$$

где  $v$  – отношение жесткости вала батана к жесткости его опор  $v = c/c_0$ .

При одной упругой опоре на правом конце вала и свободном левом конце граничными условиями являются:

$$GJ_p \left( \frac{dy}{dx} \right)_{x=0} = 0, \quad GJ_p \left( \frac{dy}{dx} \right)_{x=l} = -c_0 y(l). \quad (11)$$

(первое из этих условий выражает равенство нулю упругого момента в сечении вала  $x = 0$ )

На основании (5) и (11) находим

$$y(x) = \cos kx. \quad (12)$$

Это уравнение описывает формы свободных колебаний батана с одной правой упругой опорой.

Если упругая опора расположена на левом конце вала, а правый его конец свободен, то граничные условия имеют вид:

$$\left. \begin{aligned} GJ_p \left( \frac{dy}{dx} \right)_{x=0} &= c_0 y(0), \\ GJ_p \left( \frac{dy}{dx} \right)_{x=l} &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

Учитывая условия (13), на основании уравнения (5) получим уравнение для определения форм свободных колебаний батана с одной левой упругой опорой:

$$y(x) = \cos kx + tg kl \sin kx, \quad (C_2 = C_1 tg kl). \quad (14)$$

Частное уравнение в обоих случаях имеет вид

$$tg \mu = \frac{1}{v \cdot \mu}, \quad \left( \mu = \frac{p}{a_*} l \right). \quad (15)$$

С помощью данной модели можно провести частотный анализ, анализ собственных и вынужденных колебаний, определить динамические нагрузки при колебаниях батана и рассчитать звенья батанного механизма на прочность.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Супонев, В.С. Расчет и проектирование батанных механизмов кулачкового типа станков СТБ и АТПР / В.С. Супонев, В.А. Суров, В.Г. Чумиков. – Иваново: ИХТИ, 1981. – 99 с.
2. Суров, В.А. Динамика упругих систем батанных механизмов металлорежущих станков / В.А. Суров, А.А. Тувин. – Иваново: ИГТА, 2004. - 184 с.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТРИКОТАЖНЫХ ПОЛОТЕН

### STUDY OF KNITTED FABRICS

М.А. Сташева, А.Е. Стасенко, М.У. Мурзаева  
M.A. Stasheva, A.E. Stasenko, M.U. Murzaeva

Ивановский государственный политехнический университет  
Ivanovo State Polytechnical University  
E-mail: mahri.umitjanova@gmail.com, marinastasheva@mail.ru

**В работе проведены исследования четырех артикулов трикотажных полотен различного состава и переплетения по характеристикам, регламентированным нормативной документацией. Установлены зависимости между параметрами строения и гигиеническими свойствами данных материалов.**

**Ключевые слова:** исследование, трикотажные полотна, качество.

**In this work, research has been carried out on four articles of knitted fabrics of various composition and weave according to the characteristics regulated by the normative documentation. The relationships between the parameters of the structure and the hygienic properties of these materials have been established.**

**Key words:** research, knitted fabrics, quality.

Трикотажные полотна широко применяются швейными предприятиями при выпуске изделий разнообразного ассортимента (бельевого, платьевого, костюмного, спортивного и пр.) [1]. В Ивановской области существует несколько предприятий, выпускающих такие материалы, например, «МИРтекс», «Дилан-Текстиль» и др. При разработке новых структур трикотажных полотен предприятиям необходимо учитывать не только потребительский спрос, но и обязательные требования нормативной документации, регламентирующей в первую очередь показатели безопасности. Для текстильных материалов для одежды это ТР ТС 017/2011 [2], который устанавливает требования к содержанию вредных веществ, запаху, устойчивости окраски, воздухопроницаемости и гигроскопичности. Последние два показателя непосредственно связаны с параметрами строения и составом материала [3]. Таким образом, зная зависимости между параметрами строения и гигиеническими свойствами материала, можно проектировать трикотажные полотна с заданным уровнем требуемых показателей качества.

В табл.1 приведены результаты испытаний четырех артикулов трикотажных полотен различного переплетения и волокнистого состава по следующим показателям качества: содержание волокон, поверхностная плотность, число структурных элементов, устойчивость окраски, воздухопроницаемость и гигроскопичность. Применялись как стандартные методы исследований [4], так и авторские разработки кафедры МТСМ ИВГПУ [5, 6].

Результаты испытаний позволяют говорить о том, параметры объектов исследования удовлетворяют требованиям технического регламента ТР ТС 017/2011 [2].

По результатам испытаний установлены математические зависимости между параметрами строения и гигиеническими свойствами трикотажных полотен.

Зависимость воздухопроницаемости от поверхностной плотности:

$$Y = -0,225x^2 + 6,4487x + 3,4364, R = 0.9941.$$

Зависимость гигроскопичности от содержания хлопкового волокна:

$$Y = 0,0005x^2 + 0,0258x + 7,002, R = 0.9982.$$

Таблица 1

Образец	Содержание волокон, %	Устойчивость окраски, баллы			Воздухопроницаемость, $\text{дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$	Гигроскопичность, %	Поверхностная плотность, $\text{г}/\text{м}^2$	Число петель на 10 см	
		к стирке	к поту	к трению				по горизонтали	по вертикали
Гладь	Хлопок – 95, полиуретан - 5	5	4	4	460	14,0	130	300	120
Интерлок	Хлопок - 100	5	4	4	400	15,0	200	200	300
Футер	Хлопок – 80, полиэфир - 20	4	4	4	320	12,5	220	220	130
Велсофт	Полиэфир - 100	4	4	4	210	7,0	250	350	100

Полученные результаты возможно использовать при проектировании новых структур трикотажных полотен с заданными значениями их гигиенических свойств с целью выполнения обязательных требований нормативных документов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Испытания трикотажных полотен с целью подтверждения соответствия / Стасева М.А., Новосад Т.Н., Евсева Н.В., Гусев Б.Н. // Технологии и качество – 2020. – №1 (47). – С. 22-25.
2. Технический регламент таможенного союза. ТР ТС 017/2011. О безопасности продукции легкой промышленности. URL: <https://docs.cntd.ru/document/902320564>
3. Надёжная, Н. Л., Кузнецов А. А., Чарковский А. В. Прогнозирование деформационных свойств трикотажа для компрессионных изделий // Вестник Витебского государственного технологического университета . 2013. № 24 С. 48.
4. ГОСТ 28554-90 Полотно трикотажное. Общие технические условия: принят 10.05.1990; М., 2005. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200019712>
5. Determining the areal density of woven fabrics / Stasheva M.A., Korobov N.A., Arefeva I.E., Leonidi T. // Proceedings of Higher Education Institutions. Textile Industry Technology. – 2003. – № 5 (274). – С. 119-121.
6. Stasheva, M. A. Developing a rapid method for the computer measurement of the cover factor and porosity in woven fabrics / M. A. Stasheva, N. A. Korobov, B. N. Gusev // Proceedings of Higher Education Institutions. Textile Industry Technology. – 2002. – No 3(267). – P. 17-19.

## ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КАК ИНСТРУМЕНТ СОХРАНЕНИЯ НЕМАТЕРИАЛЬНОГО НАСЛЕДИЯ

### DIGITAL TECHNOLOGIES AS A DECISION OF PRESERVING INTANGIBLE HERITAGE

М.В. Сурикова  
M.V. Surikova

Ивановский государственный политехнический университет  
Ivanovo State Polytechnical University  
E-mail: surikovsm@mail.ru

**Рассмотрена актуальность возрождения традиционных российских ценностей. Развитие индустрии 4.0, ситуация социального дистанцирования, и другие сопутствующие процессы способствуют ускорению процессов цифровизации культурного наследия.**

**Ключевые слова:** нематериальное наследие, вышивка, цифровые двойники.

**The relevance of the revival of traditional Russian values is considered. The development of industry 4.0, the situation of social distancing, and other related processes contribute to accelerating the processes of digitalization of cultural heritage.**

**Keywords:** intangible heritage, embroidery, digital twins.

Нематериальное наследие Ивановской области включает совокупность основанных на традиции форм культурной деятельности человеческого сообщества, формирующих у жителей области чувство самобытности и преемственности. Формы нематериального наследия, к сожалению, под влиянием исторических и социальных событий имеют в области устойчивую тенденцию к сокращению. По данным ассоциации «Народные художественные промыслы России», с 1990 года более 140 предприятий художественной промышленности РФ прекратили существование, а объём производства и численность работников в среднем по оставшимся предприятиям сократились более чем в 15 раз. Более 100 предприятий обанкротились с 1990 по 1998 годы, когда был нанесён основной удар по народным промыслам. По состоянию на 2010 г. ещё 42 предприятия перестали функционировать. На оставшихся предприятиях – низкий уровень зарплаты, износ основных фондов составляет от 60 до 100% [1].

Типичная картина: на предприятиях, где раньше работали 200 – 300 человек, осталось 15 и преимущественно пенсионного возраста. Некоторые народные промыслы выживают стараниями отдельных энтузиастов при поддержке местных властей.

Поэтому необходимо понимание, что народные промыслы – из глубины веков, что сохранение и развитие их будет способствовать укреплению культурного суверенитета страны.

В соответствии с перечнем организаций народных художественных промыслов, поддержка которых осуществляется за счет средств федерального бюджета в соответствии со статьей 4 Федерального закона «О народных художественных промыслах» (Приказ Министерства промышленности и торговли РФ от 22.06.2010 г. № 509, закон Ивановской области от 08.12.2003 года N 118-ОЗ О народных художественных промыслах Ивановской области) по данным на 08.06.2018г. строчевышивальный промысел был зарегистрирован в 8 городских округах и поселениях: Иваново, Шуя, Палехский муниципальный район, Холуйское сельское поселение, Пучежское, Верхнеландеховское, Пестяковское, Лухское городские поселения [2, 3].

По данным на 2019 и 2020 гг. в девяти организациях народных художественных



промыслов Ивановской области (из которых только 4 – строчевышивальные) трудились 280 человек.

В остальных поселениях остались отдельные мастера при Домах ремесел: Палехский Дом ремёсел, АНО Этнокомплекс «Ремесленное подворье» Ивановский район, Гаврилово-Посадский Центр русского народного творчества, Южский Дом ремёсел.

Как сохранить художественные промыслы и сделать их частью современной декоративно-прикладной культуры? Цифровизация культурного наследия это уже не тенденция, а насущная потребность для хранителей и пользователей произведений декоративно-прикладного искусства.

В 2018 г. Указом Президента Российской Федерации № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» Правительству Российской Федерации поставлена задача обеспечить ускоренное внедрение цифровых технологий в социальной сфере. Министерством культуры Российской Федерации разработан федеральный проект «Цифровая культура», основной задачей которого является создание условий для повышения доступности и возможности участия граждан в культурной жизни путем цифровизации услуг культуры и формирования информационного пространства знаний. Появилась возможность использовать цифровые технологии в сфере культуры и тем самым обеспечивать виртуальный доступ к культурным ценностям [4, 5]. В 2011 г. создан портал государственного каталога музейного фонда РФ, который является открытым для граждан и предоставляет информацию о музейных предметах. На этом электронном ресурсе любой желающий может, задав поисковое слово, найти сведения о том или ином музейном экспонате, находящемся в России. Всего на портале представлено 1993 музея со всей России и уже 8 165 685 экспонатов [6].

В рамках настоящего исследования проведено исследование содержания онлайн архивов музеев г. Иваново и соседних регионов, включая: Нижегородский государственный историко-архитектурный музей-заповедник (НГИАМЗ), Костромской государственный историко-архитектурный и художественный музей-заповедник, Ярославский музей-заповедник, Владимиро-Суздальский музей заповедник, Ивановский государственный историко-краеведческий музей имени Д.Г. Бурылина.

Фонды НГИАМЗ насчитывают более 330 000 единиц хранения. Предметы прикладного искусства, быта и этнографии, к которым относится и одежда, содержит 42694 предметов. Но оцифрованных экспонатов пока еще не так много. На запрос «одежда» поисковик выдает 17 экспонатов. При этом три экспоната соответствуют критериям национальной одежды, остальные – имеют косвенное отношение. На запрос «вышивка» поисковик выдает 25 экспонатов. При чем это может быть и фото вышивальщицы за работой, и значок «Вышивка», и образцы ручной и машинной вышивки (рис. 1).



Рис.1. Экспонаты из фондов НГИАМЗ по запросу «вышивка» [7]

Вкладка «НГИАМЗ онлайн» содержит видеосюжеты, посвященные определенной тематике или рассказу об уникальном экспонате. Например, о традиционном костюме Нижегородской губернии. В видеосюжете можно рассмотреть отдельные экспонаты. Всего в

разделе размещено 164 видеосюжета, 12 из них посвящены одежде, в том числе с вышивкой (рис. 2).

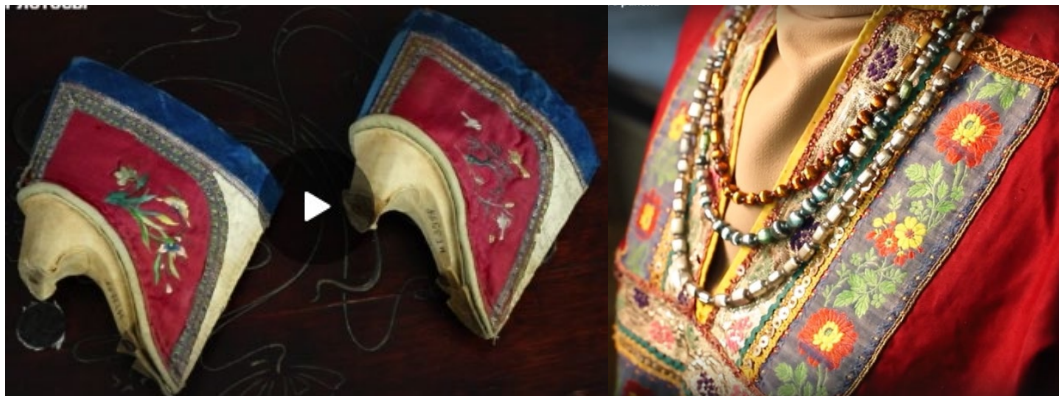


Рис.2. Экспонаты НГИАМЗ из раздела «НГИАМЗ онлайн» [8]

Сайт Костромского государственного историко-архитектурного и художественного музея-заповедника не содержит оцифрованных экспонатов в открытом доступе. Экспонаты с вышивкой в цифровом виде представлены только в анонсе альбома-каталога "100 лет Императорскому Романовскому музею" (рис. 3).



Рис.3. Экспонаты Костромского музея-заповедника [9]

На сайте Ярославского музея-заповедника раздел «Коллекции текстиля» анонсирует содержание и объем – 10 тысяч единиц хранения. В цифровом формате в качестве примера представлены 4 экспоната (рис. 4).



Рис.4. Экспонаты Ярославского музея-заповедника из раздела «Коллекции текстиля» [10]



Владими́ро-Суздальский музей заповедник содержит 441 цифровой экспонат с систематизацией по основным видам искусства и видам предметов. Вкладка «Ткани» включает 36 экспонатов, в том числе головные уборы, аксессуары и украшения, вышитые элементы икон, предметы священнических облачений, одежду (рис. 5).



Рис.5. Экспонаты Владимиро-Суздальского музея-заповедника из коллекции «Ткани» раздела «Коллекции онлайн» [11]

Сайт Ивановского государственного историко-краеведческого музея имени Д.Г. Бурьлина содержит вкладку «Музей-онлайн» с виртуальными выставками, видеосюжетами, публикациями об интересных и уникальных экспонатах. На главной странице сайта размещена вкладка с коллекцией около 500 оцифрованных образцов тканей Музея ивановского ситца. Информацию об отдельных цифровых экспонатах можно найти лишь в разделах тематических виртуальных выставок (рис.6).



Рис.6. Экспонаты Музея ивановского ситца из раздела «От ручной набойки до машинной печати. Коллекция тканей Музея ивановского ситца» [12]

Работа по оцифровыванию музейных экспонатов важна и актуальна, т.к. помогает

восстанавливать, сохранять и демонстрировать историческую одежду, в том числе с вышивкой для будущих поколений как важный объект культурного наследия.

Актуальность рассмотренной темы обусловлена кризисным состоянием народных художественных промыслов, значимостью проблемы сохранения и продолжения культурных традиций и заключается в разрешении противоречий между:

высоким нравственно-эстетическим потенциалом народных художественных промыслов и нарастающей тенденцией к их угасанию;

потребностью государства и общества в сохранении народных художественных промыслов и отсутствием способов решения данной проблемы;

богатым культурным наследием, накопленным каждым центром народного мастерства, и отсутствием оптимальных путей и условий для его поддержания, сохранения и преемственности.

Эти противоречия определяют содержание дальнейшей работы, начатой и активно проводимой на кафедре конструирования швейных изделий ИВГПУ, заключающейся в необходимости изучения, сохранения и преемственности народных художественных промыслов в современной культуре.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Народные промыслы России: прошлое, настоящее и будущее? [Электронный ресурс] <https://www.planet-kob.ru/articles/7280/narodnye-promysly-rossii-proshloe-nastoyashee-i-budushee>
2. Закон Ивановской области от 08 декабря 2003 года N 118-ОЗ О народных художественных промыслах Ивановской области. <http://docs.cntd.ru/document/882204102>
3. Распоряжение губернатора Ивановской области от 15 мая 2020 года N 39-р Об утверждении перечня организаций народных художественных промыслов Ивановской области, расположенных в местах их традиционного бытования, на 2020 год. [Электронный ресурс] <https://docs.cntd.ru/document/570786201>
4. О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года [Электронный ресурс]: Указ Президента Российской Федерации от 07.05.2018 г. № 204 // Справочная правовая система «Консультант Плюс». – Режим доступа: <http://www.consultant.ru>.
5. О проектах Минкультуры России в области информатизации [Электронный ресурс]: Справка к заседанию коллегии Министерства культуры Российской Федерации от 8 июля 2017 года // Официальный сайт Министерства культуры Российской Федерации. – Режим доступа: <http://www.mkrf.ru>.
6. Государственный каталог музейного фонда РФ [Электронный ресурс] <https://goskatalog.ru/portal/#/collections>
7. Каталог фондов НГИАМЗ с оцифрованными экспонатами – Режим доступа: <https://ngiamz.ru/nauchnaya-rabota/fondy-ngiamz>
8. Страница НГИАМЗ с видеосюжетами, виртуальными экскурсиями, записями мастер-классов – Режим доступа: <https://ngiamz.ru/ngiamz-onlajn>
9. Страница Костромского государственного историко-архитектурного и художественного музея-заповедника – Фонд «Ткани. Кожа» – Режим доступа: <http://kosmuseum.ru/about/collections/>
10. Страница Ярославского музея-заповедника, из раздела «Коллекции текстиля» – Режим доступа: <https://yarkremlin.ru/collections/kollektsiya-tekstilya/>
11. Страница Владимиро-Суздальского музея-заповедника, раздел «Коллекции онлайн», из коллекции «Ткани» – Режим доступа: <https://collection.vladmuseum.ru/entity/OBJECT?fund=58>
12. Страница Музея ивановского ситца, раздел «От ручной набойки до машинной печати. Коллекция тканей музея» <http://textilemuseum.ru/ru/>

**ПРОЕКТ СОЗДАНИЯ ОПЫТНОГО ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕМЕНТОВ ЛИВНЕВОЙ  
КАНАЛИЗАЦИИ ИЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ  
НЕТКАНЫХ ПОЛОТЕН**

**PROJECT FOR THE CREATION OF A PILOT PRODUCTION OF STORM SEWER  
ELEMENTS MADE OF COMPOSITE MATERIALS BASED ON NON-WOVEN FABRICS**

Ю.М. Трещалин<sup>1</sup>, М.Ю. Трещалин<sup>2</sup>  
Yu. M. Treschalin<sup>1</sup>, M.Yu. Treschalin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ивановский государственный политехнический университет  
<sup>2</sup>Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

<sup>1</sup>Ivanovo State Polytechnic University  
<sup>2</sup>Lomonosov Moscow State University  
E-mail: antropog@yandex.ru, mtreschalin@mail.ru

**В статье изложены преимущества создания полимерных композиционных материалов на основе нетканых полотен. Дается описание технологического процесса производства элементов ливневой канализации из композитов на нетканой основе. Приводятся основные проектные данные по выпуску и себестоимости указанных изделий.**

**Ключевые слова:** нетканое полотно, композиционный материал, связующее, технологический процесс, ливневая канализация.

**The article outlines the advantages of creating polymer composite materials based on nonwoven fabrics. A description of the technological process for the production of storm sewer elements from non-woven composites is given. Provides basic design data on the production and cost of these products.**

**Key words:** non-woven fabric, composite material, binder, technological process, storm sewer.

Необходимость в новейших научных разработках определяет развитие экономики нашей страны. Сегодня наука вышла в ранг ключевых российских национальных приоритетов. Президент Российской Федерации Владимир Владимирович Путин подписал Указ от 25 декабря 2020 № 812 о проведении в 2021 году в России «Года науки и технологий». В Указе сказано, что наука в современном мире имеет абсолютно ключевое значение.

На совещании о ситуации в легкой промышленности 3 июня 2020 года Президент России сказал следующее: «Текущая ситуация и в легкой промышленности, и в нашей экономике в целом имеет свою особенность. Она заключается в том, что оперативные, адресные меры, которые мы реализуем, могут и должны не только поддержать предприятия и компании, но и – и это очень важно – задать долгосрочный вектор развития отрасли, запустить структурные изменения для повышения устойчивости реального сектора экономики, для её выхода на качественно новый уровень» [1].

Одним из приоритетных направлений, обозначенных Президентом РФ Федеральному Собранию 21 апреля 2021 года [2] является развитие текстильной и лёгкой промышленности Российской Федерации, где до 2025 года предполагается создание производственной цепочки синтетических материалов, включая производство технического текстиля и нетканых полотен, ассортимент и технические характеристики которых позволяют применять их в строительстве, сельском хозяйстве, жилищно-бытовом комплексе и т.д.

Нетканые полотна представляют волокнистые системы, в которых хаотично расположенные волокна (мононити) соединены между собой механическим, физико-химическим или комбинированным способами. Такие изделия обладают высокими

прочностными свойствам, а достаточно простая и экономичная технология изготовления позволяет использовать разнообразный волокнистый состав.

Разработка эффективных нетканых материалов в настоящее время является весьма актуальным исследовательским и промышленным трендом, обладающим высоким потенциалом роста и способным коренным образом изменить ситуацию не только в отечественной текстильной отрасли, но и стать глобальным «межотраслевым связным». По данным различных источников (например, [3, 4]), производство нетканых полотен в России ежегодно увеличивается на 20-30%, что во многом обеспечивается новизной применяемых технологий, позволяющих создавать высокотехнологичный разноплановый продукт, востребованный всеми сферами жизнедеятельности общества.

С учетом мировых трендов и прогнозов развития инноваций и новых рынков наиболее перспективными научно-исследовательским направлением является разработка и создание на основе нетканых полотен инновационных композиционных материалов целевого назначения и конструкций на их основе с расширенными функциональными характеристиками и комплексом новых свойств.

Анализ российского и мирового рынка полимерных композиционных материалов (ПКМ) указывает на произошедшее за последние годы существенное увеличение объемов производства и применения ПКМ как в Российской Федерации, так и в мире. В частности, данные по российскому рынку ПКМ свидетельствуют о серьезном росте потребления материалов в строительном секторе и транспортном машиностроении. Основным сегментом мирового рынка с точки зрения объема потребления ПКМ является транспортное машиностроение (28–30%), в то время как в РФ аналогичный сегмент занимает около 20%. Это может быть связано с недостаточно высоким производством соответствующей отрасли. В то же время высокая доля строительной отрасли в российском рынке ПКМ (около 30% по объему потребления), в сравнении с долей строительства в мировом рынке (19 - 20%), связана с реализацией программы повышения энергетической эффективности, а также с планами Правительства РФ по увеличению объемов жилищного строительства не менее чем до 120 млн. м<sup>2</sup> [5].

Сочетание различных видов волокнистых наполнителей и матриц (связующих) позволяет регулировать свойства композиционных материалов в широком диапазоне, выбирая оптимальные показатели для изделий широкого спектра применения. В отличие от металла, бетона и других традиционных строительных материалов, композиты на основе нетканых полотен обладают большей вязкостью разрушения, т.е. способностью поглощать энергию ударов, вибрации и других эксплуатационных факторов. Нетканая основа позволяет реализовать различные подходы к изготовлению изделий из композитов, когда необходимо сохранение работоспособности в условиях динамического нагружения.

В результате комплексного изучения свойств образцов композиционных материалов было установлено, что прочностные характеристики композитов в 5–8 раз выше по сравнению с полимерной матрицей, при водопоглощении менее 1 %, а себестоимость ниже аналогичных изделий, использующих в качестве наполнителя углеродные, стеклянные или базальтовые волокна. Нетканая основа и компоненты связующего имеют экологический и гигиенический сертификаты соответствия, они не токсичны, их производство не ухудшает экологии окружающей среды.

Изделия из предлагаемых мало материалоемки, технологичны в получении, переработке и обработке по сравнению со многими традиционными материалами, в частности металлами и керамикой. Они имеют высокую эксплуатационную надежность, не подвержены коррозии и не требуют специальной защиты или периодической покраски их поверхности.

Сфера потребления разработанных композиционных материалов – промышленность, строительство, судостроение, авто и железнодорожное строительство, защита от механических повреждений и тепло - гидроизоляция различных строительных конструкций и трубопроводов, объекты жилищно-коммунального хозяйства и т.д.

Одним из конкретных примеров применения разработанных композитов может быть изготовление элементов ливневой канализации для отвода дождевых и талых вод на территории ИВГПУ и Ивановской области. Ниже приводится эскизный проект технологического процесса производства элементов ливневой канализации методом выкладки

Устройство для выкладки основы и ее пропитки связующим, состоит из:

- нижней части (форма), представляющей собой выемку в виде полуокружности с бортиками по бокам, расположенными в горизонтальной диаметральной плоскости полуокружности (Рисунок 1а), снабженными шипами (Рисунок 1б) для фиксации основы, высота которых не должна превышать толщину основы;

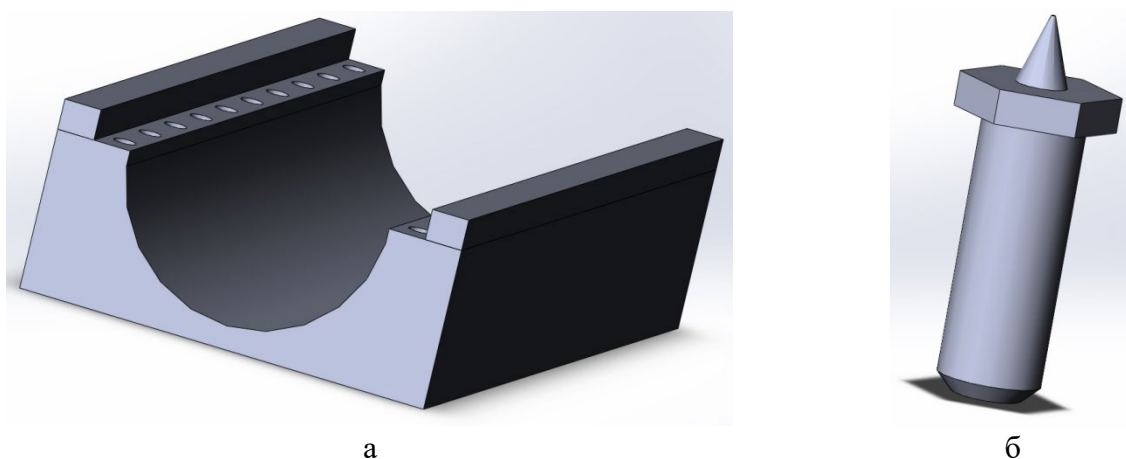


Рис 1. Нижняя часть устройства для изготовления защитных оболочек: а-форма; б – шипы для фиксации основы

- верхней части (пуансон) (Рисунок 2), представляющей собой выпуклость в виде полуокружности, диаметр которой меньше полуокружности формы на величину необходимой толщины защитной оболочки, с бортиками по бокам, расположенными в горизонтальной диаметральной плоскости полуокружности.

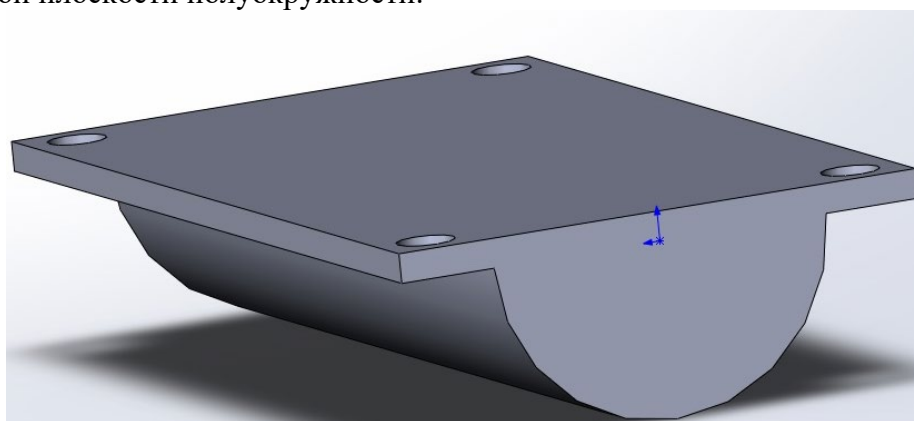


Рис. 2. Верхняя часть устройства для изготовления защитных оболочек

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

Общий вид устройства для изготовления элементов ливневой канализации методом выкладки представлен на Рисунке 3.



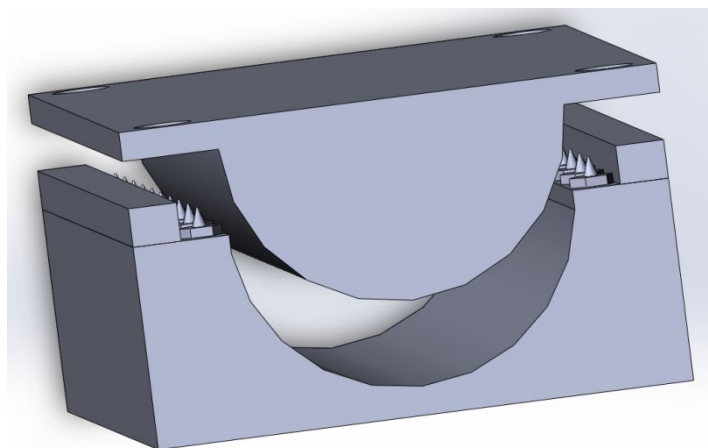


Рис. 3. Общий вид устройства для изготовления защитных оболочек методом выкладки

Технологический процесс изготовления элементов ливневки циклический. Длительность цикла определяется временем полимеризации связующего и составляет приблизительно 2 часа (время полимеризации может быть различным для разных связующих). Последовательность операций в цикле следующая:

- зачистка поверхностей формы и пуансона;
- смазка поверхностей формы и пуансона жидким воском или прокладка полиэтиленовой пленкой;
- раскрой нетканой основы на куски нужного размера;
- автоматизированная или ручная выкладка основы в форму, которая может быть осуществлена двумя способами:
  - а. сухая основа с последующей заливкой связующим в форме;
  - б. пропитанная основа на отдельном пропиточном столике;
- на выложенную и пропитанную основу опускается пуансон, имеющий профиль, соответствующий форме. Пуансон закрепляется на форму при помощи струбцин.
- после окончания процесса полимеризации связующего, выемка готового изделия из формы и складирование.

В результате получается изделие из композита на нетканой основе, прочное и удобное для монтажа (Рис. 4.).

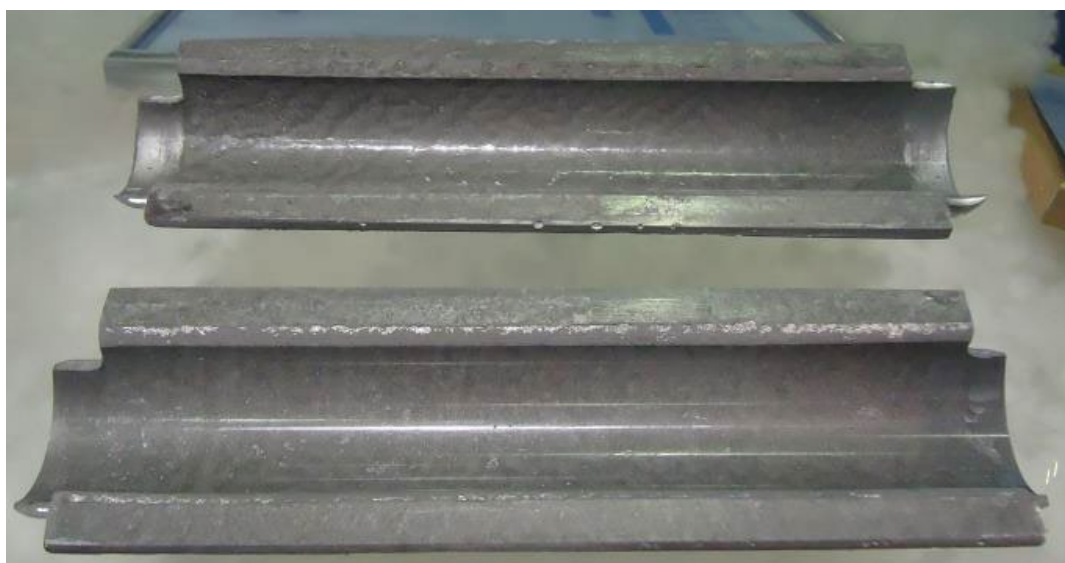


Рис. 4. Образец элемента ливневой канализации из композиционных материалов на нетканой основе.



Результаты расчета затрат на производство элементов ливневой канализации представлены в Таблице 1.

Таблица 1.

Расчет себестоимости элемента ливневки из расчета размера цеха 12 м × 6 м

№ п/п	Наименование статьи затрат	Сумма расходов в месяц
	Выпуск в месяц, пог. м.	2 288
	Наружный диаметр, м	0,2190
	Толщина защитной оболочки, мм.	2,1700
	Себестоимость 1 погонного метра*	542
	* Расчет себестоимости 1 погонного метра производился исходя из розничных цен на связующее. Себестоимость может быть уменьшена на 30-40% при закупке компонентов связующего по оптовым ценам.	

Учитывая стратегические цели научно-технической политики Ивановской области и, в частности, сокращение капиталовложений и эксплуатационных издержек за счет применения современных видов строительных конструкций, уменьшение площадей, а также минимизация вредных воздействий на окружающую среду при новом строительстве, реконструкции, эксплуатации и ремонте объектов, целесообразно создание на базе ИВГПУ опытного производства изделий из композиционных материалов на нетканой основе, предназначенных для использования в гражданских секторах экономики

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Совещание о ситуации в лёгкой промышленности. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.kremlin.ru/events/president/news/63449>
2. Полный текст послания президента Федеральному Собранию 2021. Стенограмма выступления Владимира Путина. 21 апреля 2021 Владимир Путин выступил с посланием Федеральному Собранию. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.kp.ru/daily/27268.4/4401679>
3. Анализ рынка нетканых материалов в России. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://article.unipack.ru/80472/>
4. Нетканые материалы в России: курс на техническое развитие. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.newchemistry.ru/letter.php?n\\_id=332](https://www.newchemistry.ru/letter.php?n_id=332)
5. Российский и мировой рынок полимерных композитов. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://viam-works.ru/ru/articles?art\\_id=1562](http://viam-works.ru/ru/articles?art_id=1562)

## МЕТОДИКА АНАЛИЗА ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ВОЛОКНИСТЫХ СРЕД METHOD OF ANALYSIS OF THERMAL CONDUCTIVITY OF FIBROUS MEDIA

Ю.М. Трещалин  
Yu.M. Treshchalin

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

В статье приведены результаты анализа зависимости эффективного коэффициента теплопроводности от пористости и плотности нетканых материалов. Полученные уравнения позволяют с достаточной для технических расчетов точностью вычислить значения эффективного коэффициента теплопроводности на стадии производства нетканых полотен.

Ключевые слова: теплопроводность, нетканый материал, плотность, пористость, структура, волокно.

The article presents the results of the analysis of the dependence of the effective thermal conductivity on the porosity and density of non-woven materials. The resulting equations allow calculating the values of the effective thermal conductivity coefficient at the stage of nonwoven fabrics production with sufficient accuracy for technical calculations.

Keywords: thermal conductivity, non-woven material, density, porosity, structure, fiber.

Задача прогнозирования теплофизических свойств волокнистых сред и, в частности, нетканых полотен, весьма актуальна в связи с использованием таких материалов в качестве теплоизоляторов. Принимая во внимание специфические особенности структуры, а также физическую природу процесса теплопроводности, в качестве определяющего параметра при оценке интенсивности распространения тепла, целесообразно использовать «эффективный коэффициент теплопроводности»  $\lambda_{эф}$  характеризующий сущность теплообмена в волокнистой среде и включающий в себя перенос тепла посредством конвекции, излучения и теплопроводности (классическое определение «коэффициент теплопроводности», в соответствии с законом Фурье, относится только к молекулярному переносу тепловой энергии).

Как известно, наилучшим теплоизолятором является воздух, коэффициент теплопроводности которого при атмосферном давлении  $P = 1,01 \cdot 10^5$  Па и температуре  $t = 0$  °С равен  $\lambda_{воз} = 0,02442$  Вт / (м·К) [1]. Следовательно, чем выше пористость нетканого полотна, тем меньше значение  $\lambda_{эф}$ . Следует отметить, что данное утверждение справедливо для различных дисперсных материалов [1-3].

Применительно к рассматриваемому процессу зависимость эффективного коэффициента теплопроводности от пористости можно представить в виде:

$$\lambda_{эф}(\xi) = M \cdot \xi^N + Z \quad (1)$$

где:  $\lambda_{эф}(\xi)$  – эффективного коэффициента теплопроводности, Вт / (м·К);

$\xi$  – пористость нетканого полотна;

$M, Z$  – постоянные коэффициенты;

$N$  – показатель нелинейности функции.

Предельные значения  $\lambda_{эф}(\xi)$  определяются из граничных условий:

$$\lambda_{эф}(\xi) = \lambda_B \text{ при } \xi = 0;$$

$$\lambda_{эф}(\xi) = \lambda_{воз} \text{ при } \xi = 1,$$

где:  $\lambda_B$  – коэффициент теплопроводности полимера, из которого изготовлено волокно (монопить), Вт / (м·К);

$\lambda_{\text{воз}} = 0,02442$  – коэффициент теплопроводности воздуха при температуре  $0 \div 10$  °С, давлении  $1,01 \cdot 10^5$  Па и относительной влажности  $60 \div 65$  %, Вт / (м·К);

С учетом принятых граничных условий, постоянные коэффициенты в уравнении (1) будут равны:

$$Z + M = \lambda_{\text{воз}} \text{ при } \xi = 1; Z = \lambda_{\text{В}} \text{ при } \xi = 0.$$

Тогда:

$$\lambda_{\text{эф}}(\xi) = (\lambda_{\text{воз}} - \lambda_{\text{В}}) \cdot \xi^N + \lambda_{\text{В}} \text{ или } \xi^N = \frac{\lambda_{\text{эф}}(\xi) - \lambda_{\text{В}}}{\lambda_{\text{воз}} - \lambda_{\text{В}}}$$

Отсюда:

$$N = \frac{\ln \left( \frac{\lambda_{\text{эф}}(\xi) - \lambda_{\text{В}}}{\lambda_{\text{воз}} - \lambda_{\text{В}}} \right)}{\ln(\xi)}$$

Вычисление значений показателя нелинейности N проводится на основании:

- опытных данных по определению эффективного коэффициента теплопроводности иглопробивных нетканых полотен, изготовленных на предприятиях ООО «Пинема», «Сибур-Геотекстиль», «Веротекс», изложенных в [4, 5];
- результатов испытаний нетканых полотен «Холлофайбер», проведенных в лаборатории теплофизических характеристик и долговечности строительных материалов и изделий НИИ Строительной Физики РААСН;
- технических характеристик термоскрепленного утеплителя «ШелтерЭкоСтрой» [6, 7];
- экспериментальных исследований теплового сопротивления различных нетканых материалов в лаборатории стандартизации, испытаний и сертификации нетканых материалов НИИ нетканых материалов.

Графическая интерпретация полученных Результаты расчетов представлены на графиках (рис. 1 – 6).

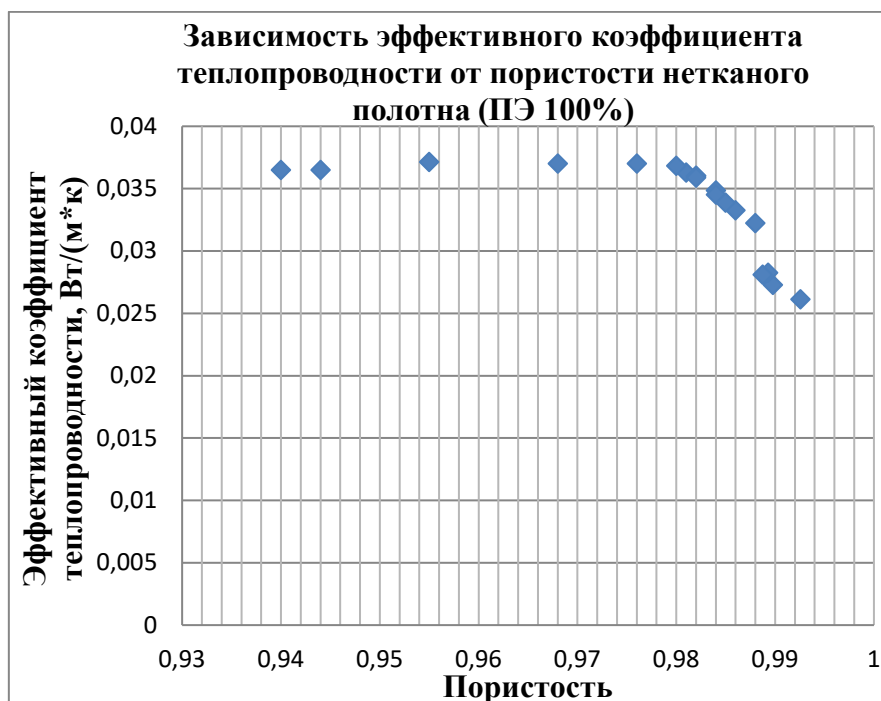


Рис. 1. График изменения  $\lambda_{\text{эф}}(\xi)$  для нетканых полотен, изготовленных из полиэфирных волокон (мононитей)

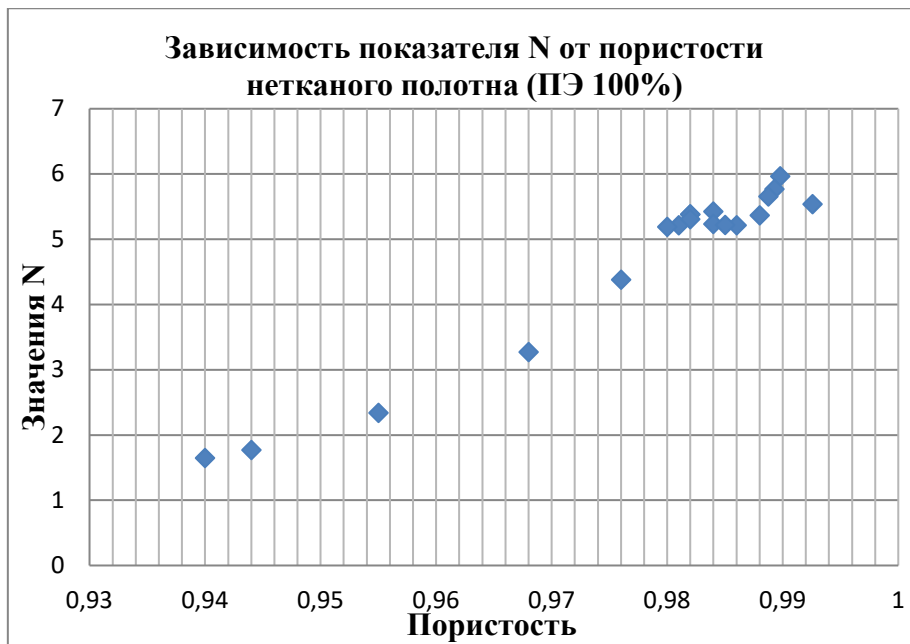


Рис. 2. График изменения  $N(\xi)$  для нетканых полотен, изготовленных из полиэфирных волокон (мононитей)

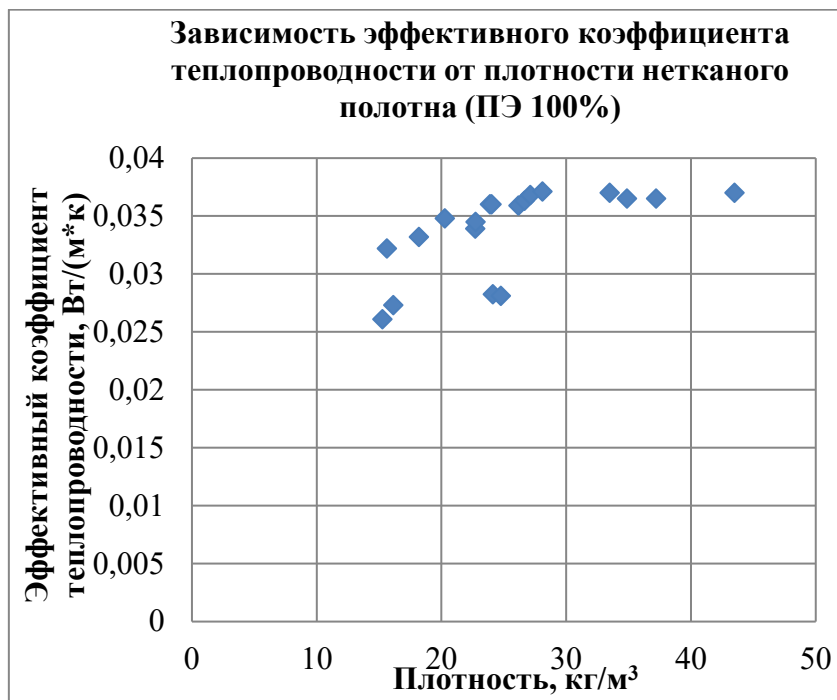


Рис. 3. График изменения  $\lambda_{эф}(\rho)$  для нетканых полотен, изготовленных из полиэфирных волокон (мононитей)

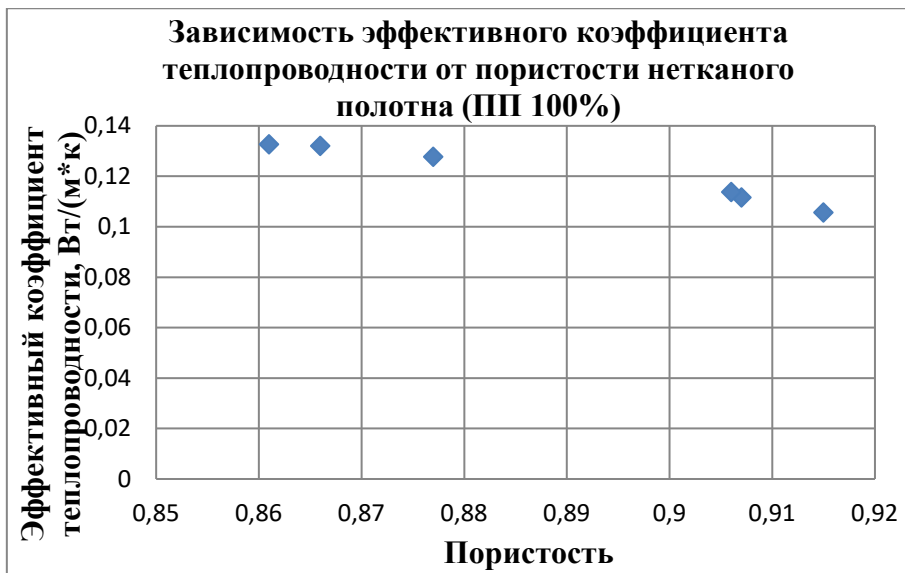


Рис. 4. График изменения  $\lambda_{эф}(\xi)$  для нетканых полотен, изготовленных из полипропиленовых волокон (мононитей)

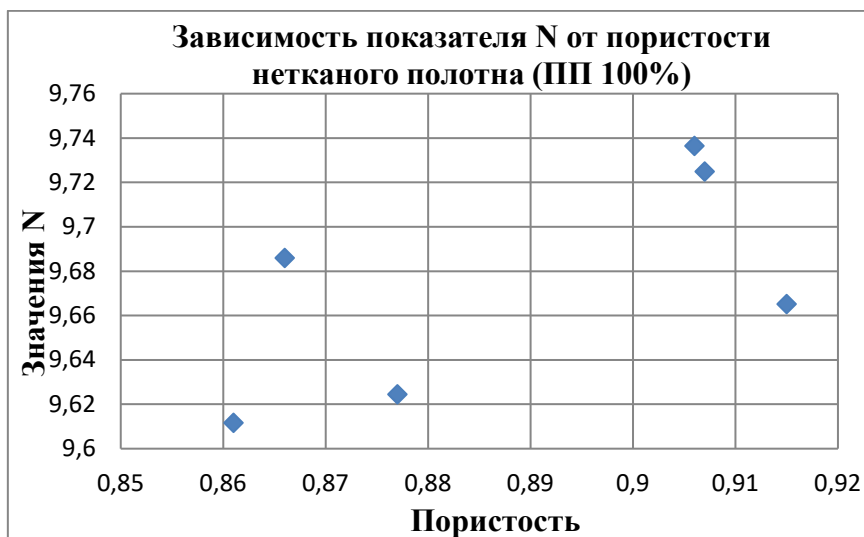


Рис. 5. График изменения  $N(\xi)$  для нетканых полотен, изготовленных из полипропиленовых волокон (мононитей)

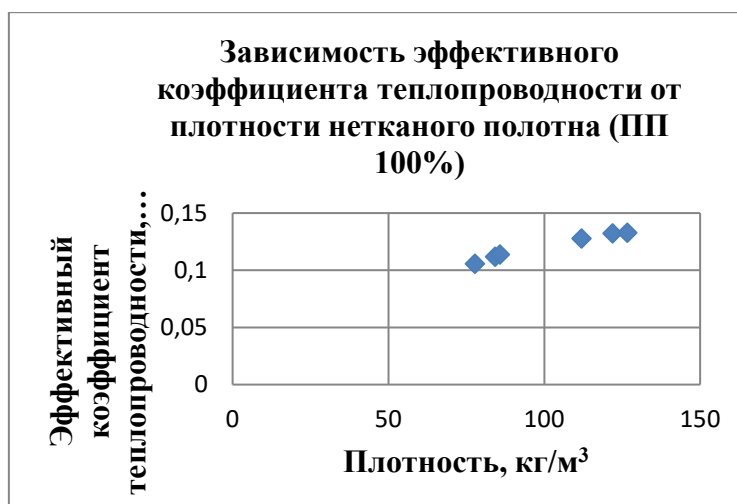


Рис. 6. График изменения  $\lambda_{эф}(\rho)$  для нетканых полотен, изготовленных из полипропиленовых волокон (мононитей)

Анализ расположения точек на рис. 1 – 6 указывает на наличие явно выраженных зависимостей  $\lambda_{эф}(\xi), N(\xi)$  и  $\lambda_{эф}(\rho)$ . Причем, если эффективный коэффициент теплопроводности с увеличением пористости снижается, то величины  $\lambda_{эф}(\rho)$  и  $N(\xi)$  существенно возрастают.

С целью определения математических выражений  $\lambda_{эф}(\xi), N(\xi)$  и  $\lambda_{эф}(\rho)$ , проведена аппроксимация результатов расчетов при помощи программного комплекса Mathcad 15. В качестве граничных условий приняты следующие значения  $\lambda_{эф}(\xi), N(\xi)$  и  $\lambda_{эф}(\rho)$ :

- для полиэфирных волокон:

$\lambda_{эф}(\xi) = 0,149$  и  $N(\xi) = 0,62824$  при  $\xi = 0$ ;  $\lambda_{эф}(\xi) = 0,02442$  и  $N(\xi) = 8,02725$  при  $\xi = 1$ .

- для полипропиленовых волокон:

$\lambda_{эф}(\xi) = 0,169$  и  $N(\xi) = 0,830812$  при  $\xi = 0$ ;  $\lambda_{эф}(\xi) = 0,02442$  и  $N(\xi) = 10,013817$  при  $\xi = 1$ .

- независимо от вида волокон:  $\lambda_{эф}(\rho) = 0$  при  $\rho = 0$ .

Полученные математические зависимости приведены в табл. 1.

Таблица 1.

Математические зависимости эффективного коэффициента теплопроводности  $\lambda_{эф}(\xi)$ ,  $\lambda_{эф}(\rho)$  и показателя  $N(\xi)$  от пористости и плотности нетканых полотен

Математическая зависимость	График зависимости	Значение коэффициента корреляции $K_k^2$	Величина относительной погрешности, %	
			min	max
Зависимость эффективного коэффициента теплопроводности от пористости нетканого полотна (ПЭ -100%)				
$\lambda_{эф}(\xi) = -0,120295 \cdot \xi^{2,5} - 2,66946 \cdot 10^{-3} \cdot \xi^{0,5} + 0,149$		0,9775	- 4,144	5,332
Зависимость показателя N от пористости нетканого полотна (ПЭ -100%)				
$N(\xi) = 7,268794 \cdot \xi^{28,5} + 0,601726$		0,9949	- 4,557	5,112

Зависимость эффективного коэффициента теплопроводности от объемной плотности нетканого полотна (ПЭ -100%)				
$\lambda_{эф}(\rho)$ $= 0,014033 \cdot \rho^{0,35}$ $- 8,287732 \cdot 10^{-4} \cdot \rho^{0,75}$		0,989	-5,471	5,576
Зависимость эффективного коэффициента теплопроводности от пористости нетканого полотна (ПП -100%)				
$\lambda_{эф}(\xi)$ $= -0,139048 \cdot \xi^{10}$ $- 3,600934 \cdot 10^{-3} \cdot \xi^3$ $+ 0,167$		0,999	-0,455	0,371
Зависимость показателя N от пористости нетканого полотна (ПП -100%)				
$N(\xi)$ $= 11,159271 \cdot \xi^2$ $+ 0,420431$		0,999	-1,077	0,835
Зависимость эффективного коэффициента теплопроводности от объемной плотности нетканого полотна (ПП -100%)				
$\lambda_{эф}(\rho)$ $= -0,010495 \cdot \rho^{1,05}$ $+ 0,014425 \cdot \rho$		0,998	-1,471	1,576

Анализ проведенных расчетов позволяет утверждать, что эффективный коэффициент теплопроводности зависит от вида волокон, пористости и объемной плотности нетканых полотен. Причем, для материалов, изготовленных из полиэфирного сырья, вычисление  $\lambda_{эф}$  производится по формулам:  $\lambda_{эф}(\xi) = -0,120295 \cdot \xi^{2,5} - 2,66946 \cdot 10^{-3} \cdot \xi^{0,5} + 0,149$  и  $\lambda_{эф}(\rho) = 0,014033 \cdot \rho^{0,35} - 8,287732 \cdot 10^{-4} \cdot \rho^{0,75}$ , а при использовании полипропиленовых волокон:  $\lambda_{эф}(\xi) = -0,139048 \cdot \xi^{10} - 3,600934 \cdot 10^{-3} \cdot \xi^3 + 0,167$  и  $\lambda_{эф}(\rho) = -0,010495 \cdot \rho^{1,05} + 0,014425 \cdot \rho$ .

Можно, также отметить наличие функциональной взаимосвязи показателя степени  $N$  в уравнении  $\lambda_{эф}(\xi) = M \cdot \xi^N + Z$  и пористости, которая для нетканых полотен, выработанных из полиэфирных волокон, имеет вид:  $N(\xi) = 7,268794 \cdot \xi^{28,5} + 0,601726$  и полипропиленовых волокон  $-N(\xi) = 11,159271 \cdot \xi^2 + 0,420431$ . Как видно на графиках (табл. 1) кривая  $N(\xi)$  при значениях  $\xi \leq 0,8$  становится более полой и при малой пористости  $N \rightarrow \text{const}$ .

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Чудновский А.Ф. Теплофизические характеристики дисперсных материалов.- М.: Изд. физ.-мат. литературы, 1962. - 456 с.
2. Бузов Б.А., Никитин А.В. Исследования материалов спецодежды в условиях пониженных температур.- М.: Легпромбытиздат, 1985.- 221 с.
3. Колесников П.А. Теплозащитные свойства одежды.- М.: Легкая индустрия, 1965.- 346 с.
4. Трещалина А. В. Совершенствование методов расчета и оценки свойств нетканых текстильных материалов теплоизоляционного назначения. Дисс. ... канд. техн. наук : 05.19.01 / Костром. гос. технол. ун-т].- Кострома, 2009.- 197 с.
5. Трещалин М.Ю., Киселев М.В., Мухамеджанов Г.К., Трещалина А.В. Проектирование, производство и методы оценки качества нетканых материалов (монография). - Кострома: Изд-во Костром. гос. технол. ун-та, 2013. - 273 с.
6. Электронный ресурс. – Режим доступа: <http://www.wesmir.com/specifications>.
7. Электронный ресурс. – Режим доступа: <http://stroyamat2000.ru/kategorii-tovarov/uteplitel-rulony-209/ uteplitel-shes-akustik-1200h600h 50mm-shelter-ekostroi-2828.html>



## **МОДЕЛЬНО-ОРИЕНТИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ КАК МЕТОД СИНТЕЗА СТРУКТУРНОЙ ГЕОМЕТРИИ ВОЛОКНИСТОЙ АРМИРУЮЩЕЙ КОМПОНЕНТЫ В ИНТЕГРИРОВАННЫХ CAD-СИСТЕМАХ**

### **MODEL-BASED DESIGN AS A METHOD FOR SYNTHESIS OF STRUCTURAL GEOMETRY OF FIBROUS REINFORCEMENT COMPONENTS IN INTEGRATED CAD-SYSTEMS**

С.В. Ершов, И.А. Суворов, В.Б. Кузнецов, Е.Н. Калинин  
S.V. Ershov, I.A. Suvorov, V.B., Kuznetsov, E.N. Kalinin

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

В работе представлены концептуальные направления метода модельно-ориентированного проектирования при решении задач структурного синтеза армирующей компоненты волокнистого полимерного композитного материала на основе интегрированных CAD-систем по заданным параметрам, реализующим технологию твёрдотельного моделирования, обеспечивающей возможность оптимизации геометрических параметров по заданной топологии тканой структуры, реализуемую вычислительными процедурами разработанного нами программного комплекса и ключевыми переменными, определяемыми средствами вычислительной системы, в основу которой заложены принципы динамического моделирования сложных технических систем, реализующие принципы (метод) модельно-ориентированного проектирования.

**Ключевые слова:** концептуальные направления метода модельно-ориентированного проектирования, твёрдотельное моделирование, принципы динамического моделирования сложных технических систем, синтез структурной геометрии волокнистой, армирующей полимерного композита, вычислительный комплекс, глобальные переменные, этапы численного синтеза композита.

The paper presents the conceptual directions of the model-based design method for solving the problems of structural synthesis of the reinforcing component of a fibrous polymer composite material based on integrated CAD systems according to the specified parameters, which implements the technology of solid-state modeling, which provides the possibility of optimization of geometric parameters for a given topology of the woven structure, implemented by computational procedures developed by us software complex and key variables determined by the means of a computing system, which is based on the principles of dynamic modeling of complex technical systems that implement the principles (method) of model-based design.

**Key words:** conceptual directions of the model-based design method, solid-state modeling, principles of dynamic modeling of complex technical systems, synthesis of the structural geometry of a fibrous reinforcing polymer composite, computing complex, global variables, stages of numerical synthesis of a composite.

Проблемы синтеза конструкционных композитных материалов связаны с необходимостью прогнозирования и технологического обеспечения их функциональных свойств.

Метод модельно-ориентированного проектирования применительно к поставленной проблеме сочетает в себе:

- достижение заданных показателей точности определения результатов синтеза композитного материала; их согласованность с современными стандартами и методологией адаптации этапов реализации проекта обусловленным широким спектром задаваемых физико-механических параметров материала-объекта;
- входные параметры условий функционирования;
- гибкость в применении для проектирования широкого класса компьютерных систем, реализующих технологии численного моделирования, для различных типов объектов с

разработкой научных основ прогнозирования характеристик композитных систем с учётом реологии полимерной матрицы и волокнистого наполнителя на макро-, мезо-, и микроуровне и компьютерном моделировании нано-технологических процессов, обеспечивающих гарантии качества результатов проектирования-синтеза и преемственность результатов, накопленных в ходе решения предшествующих задач.

В связи с этим актуальной задачей является развитие методологии синтеза композитных материалов из капиллярно-пористых структур на основе систем управления процессами в проектно-ориентированном моделировании в интегрированных САД-системах с привлечением информационного обеспечения из сформированной области знаний.

Теоретически обоснованные и точные результаты численного синтеза композитной системы зачастую основываются на недостоверной информации, полученной на основе результатов невоспроизводимых экспериментальных аналитических действий. Основываясь на принципах формирования композитных структур, отражающих их функциональные характеристики, отметим три этапа.

Первый этап – геометрический, обуславливающий формирование армирующей компоненты прототипа изделия, а именно синтез 3D-модели структур, с анализом статических и динамических режимов нагружения отдельных объёмов армирующей компоненты изделия. В основе геометрического синтеза структурной геометрии волокнистой армирующей компоненты по заданным параметрам заложена технология твёрдотельного моделирования полимерной волокнистой армирующей структуры с возможностью оптимизация её геометрических параметров по заданной топологии тканого полотна, реализуемое на основе вычислительных процедур программного комплекса [1] и ключевые переменные, получаемые средствами системы, в основу которого заложены принципы динамического моделирования сложных технических систем, реализующего принципы (метод) модельно-ориентированного проектирования [2].

С целью реализации возможности оптимизации топологии структурных параметров геометрической модели могут быть использованы глобальные управляющие переменные, объединяющие заданные размеры модели посредством системы математических уравнений [1].

$$\left. \begin{aligned}
 p_1 &= (l_2 - D_2\theta_2) \cos\theta_2 + D_2\sin\theta_2; \\
 h_2 &= (l_1 - D_1\theta_1) \sin\theta_1(1 - \cos\theta_1); \\
 D_1 &= 2R_2 + b_1; \\
 a_2 &= 2d_2 + \sin\theta_1; \\
 b_2 &= 2d_2 + \cos\theta_1; \\
 e_2 &= a_1/b_1; \\
 \sin\phi_1 &= 2e_1/(1 + e_1^2); \\
 h_1 + h_2 &= b_1 + b_2; \\
 l_2 &= D_1\theta_1,
 \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где:  $h_1, h_2$  - высота нитей основы и утка;  $a_1, b_1$ — высота линзовидного сечения нити/ширина линзовидного сечения нити;  $D$  - сумма диаметров нитей основы и утка;  $d_1, d_2$ - диаметры нитей основы и утка соответственно;  $p_1, p_2$ - расстояние между нитями основы и уточной нити соответственно;  $l_1, l_2$  - длины нитей основы и утка;  $\theta_1, \theta_2$  - углы плетения нитей основы и утка,  $e$  – степень смятия нити. Индексы ‘1’ и ‘2’ в приведенных выше переменных относятся к деформации основы и утка соответственно.

Глобальные управляющие переменные могут использоваться для управления уравнениями и измерениями, располагая свойством двунаправленности, чем обеспечивается взаимосвязь между определённой глобальной переменной и величинами соответствующих переменных [1].

Для решения задачи по исследованию динамической упруго-вязкой системы, представляющей основные функциональные характеристики армирующей компоненты полимерного композитного материала и решая систему уравнений, описывающих топологию механической цепи, воспроизводящей характер взаимодействий образующих структуру армирующей компоненты ее элементов [3], их характеристики и, применяя аппарат теории графов при формализованном и системном подходе к их исследованию. При этом упруго-вязкая модель волокнистой полимерной армирующей структуры может быть представлена в форме пространственно-одномерной механической цепи (рис.1), анализ которой целесообразно проводить, основываясь на теории линейных графов цепей, которые содержат информацию о сопряжении динамических элементов цепи и о взаимосвязи ее переменных [4].

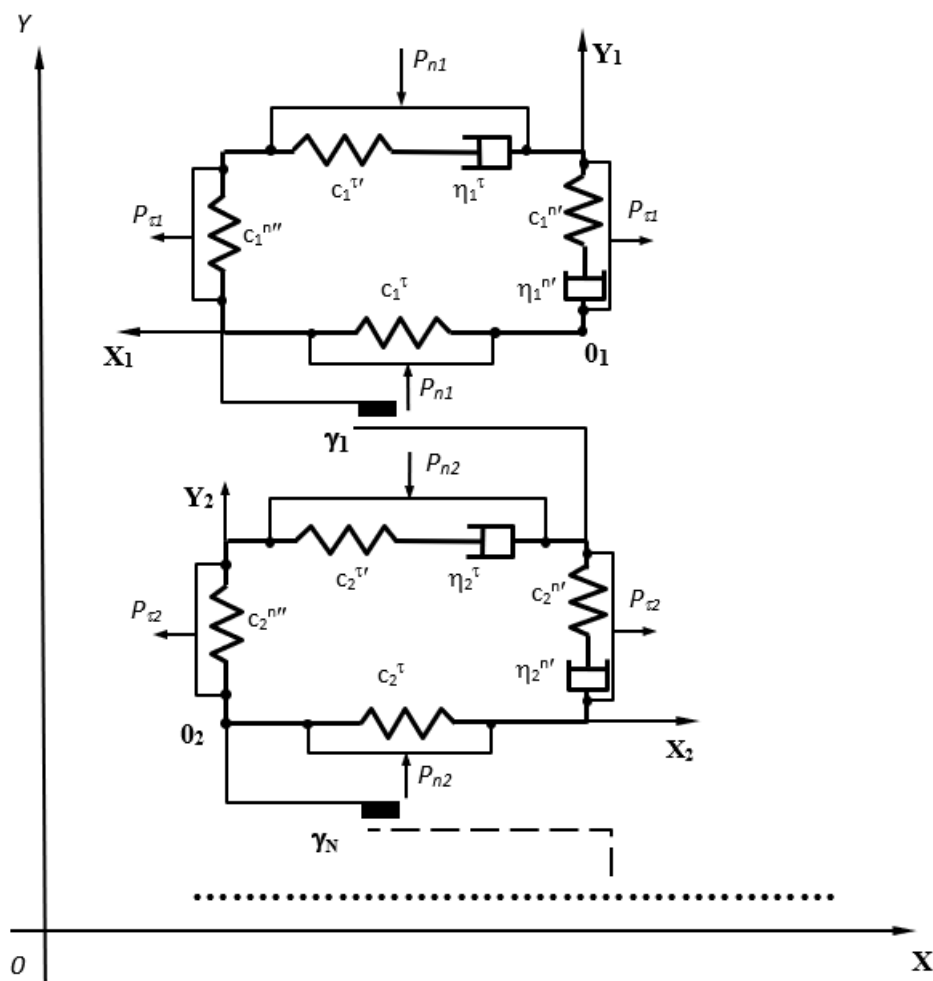


Рис. 1.

Входными параметрами для решения задачи являются следующие технологические характеристики процесса формирования многослойного препрега:

- натяжение полотна  $P_{\tau 1}$  в процессе формирования слоёв препрега;
- нормальные (радиальные) усилия  $P_{n i}$ , действующие в слоях армирующей структуры при формировании препрега;
- упруго-вязкие параметры  $c_i^n$ ,  $c_i^\tau$ ,  $\eta_i^n$ ,  $\eta_i^\tau$  армирующей полимерной волокнистой компоненты: коэффициенты упругости и вязкости;
- коэффициенты трения  $\gamma_i$ , определяющие возможность относительного перемещения слоёв армирующей компоненты.

Приведенные соображения особенно актуальны в случае формирования препрега из композитного материала, обладающего, как правило, широким разбросом триботехнических параметров лицевой и изнаночной сторон.

Успешное прикладное решение поставленной задачи заключается в приведении системы дифференциальных уравнений равновесия к виду, пригодному для компьютерного моделирования [5] и реализации алгоритма, основанного на ее изображении в форме Коши и процедуре приведения матриц коэффициентов к машинному виду.

Тем самым достигается взаимосвязь с физическими переменными и появляется возможность выражения переходной и передаточной функций исследуемой системы с последующим полным её анализом, определяющим динамические параметры как непосредственно композита, так и возможность прогнозирования динамики поведения изделия в различных схемах нагружения.

Второй этап синтеза заключается в определении и анализе направленности волокон в реальных волокнистых структурах технического назначения с учётом влияния пиксельной характеристики цифрового изображения волокнистой структуры на точность результатов определения структурных параметров их компьютерного анализа [6].

Третий этап сводится к визуализации адгезионного взаимодействия компонентов композита методами молекулярного моделирования [7], создающего предпосылки к реализации процедур прогнозирования трибомеханических параметров в слоях препрега как системы «матрица-наполнитель», формирующих композитный материал как единый объект.

В основу завершающего этапа проектирования, определяемого нами как метод динамического синтеза, сопровождаемого анализом численной феноменологической 3D-модели прототипа изделия, заложены методы идентификации и верификации моделей функциональных параметров изделия с целью формирования массива данных, обеспечиваемые методами интеграции систем модельно-ориентированного проектирования, который принят за основу создания обобщенной стохастической модели разрабатываемого объекта по заданным функциональным характеристикам композитного материала прототипа изделия.

Таким образом, дальнейшее развитие методологии синтеза композитных материалов из капиллярно-пористых структур методами интеграции систем в технологии модельно-ориентированного проектирования, в основу которых заложены этапы численного анализа структурных, молекулярных, динамических и стохастических моделей, является основой успешного решения задач создания композитной структуры, с возможностью избежать погрешностей, обусловленных наличием упрощений, допущений, заложенных в универсальных САД-системах.

*Работа выполнена при поддержке Гранта РФФИ по проекту 20-43-370007 р\_а\_Ивановская область: «Развитие научных основ прогнозирования функциональных и конструкционных параметров синтезируемых полимерных волокнистых композитных систем».*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Синтез 3D-модели тканой армирующей структуры текстильного композита средствами методологии численного объектно-ориентированного моделирования. //Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2021, №1.
2. Booch G., Jacobson I. and Rumbaugh J.: "The Unified Modeling Language for Object-Oriented Development", Documentation Set Version 1.1, September 1997.
3. Карни Ш. Теория цепей. Анализ и синтез. – М.: Связь, 1973. –368 с.
4. Пальмов В.А. Колебания упруго-пластических тел. - М.: Наука, 1976. –328 с.
5. Щербаков В.П. Прямое определение параметров функции влияния в наследственной механике текстильных материалов методами нелинейного программирования// Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности.–1997.- №1.- с. 6-10.

6. Тиранов В.Г., Чайкин В.А. К задаче моделирования нитей с нелинейными реологическими свойствами// Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 1993. - №5. - с. 5-8.
7. Блинов О.В., Годлевский В.А., Калинин Е.Н., Стулов С.А. Перспективы применения и ограничения методов молекулярной динамики для описания межфазной границы в дисперсных системах - объектах текстильных технологий.//Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2016. № 2 (362). С. 202-206.

**ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ МЕСТНОГО ПОЛИЭФИРНОГО ВОЛОКНА,  
СФОРМОВАННОГО ИЗ ГРАНУЛ ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТА**

**STUDYING THE PROPERTIES OF LOCAL POLYESTER FIBER FORMED FROM  
POLYETHYLENE TEREPHTHALATE GRANULES**

С.Ш. Аъзамжонова, М.Б. Ирматова, И.А. Набиева, А.А. Миратаев  
S.Sh. Azamjonova, M.B. Irmatova, I.A. Nabieva, A.A. Mirataev

Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности, Республика Узбекистан  
The Tashkent institute textile and light industry, Republic of Uzbekistan  
E-mail: niroda@bk.ru, mshamukimova@mail.ru

**В данной работе изучены свойства местных полиэфирных волокон на основе физико-химических и физико-механических анализов. На основе рентгеноструктурных анализов установлено, что степень кристаллизации местных полиэфирных волокон ниже, чем у обычного традиционно применяемого волокна импортного производства, по физико-механическим свойствам они почти не отличаются. ИК-спектроскопическими и сорбционными анализами, также характерными реакциями полиэфирных волокон показано, что местные полиэфирные волокна сформованы из модифицированного полиэтилентерефталата. Сделан вывод о том, что из-за высоких сорбционных свойств волокон имеется широкая возможность применения его в текстильной промышленности.**

**Ключевые слова: полиэфир, полиэтилентерефталат, сорбция, степень кристаллизации, ИК-спектроскопия, модификация, рентгенограмма.**

**In this work, the properties of local polyester fibers are studied on the basis of physicochemical and physicomechanical analyzes. On the basis of X-ray diffraction analyzes, it was found that the degree of crystallization of local polyester fibers is lower than that of the usual traditionally used lavsan fiber; they hardly differ in physical and mechanical properties. IR spectroscopic and sorption analyzes, as well as characteristic reactions of polyester fibers, showed that local polyester fibers are formed from modified polyethylene terephthalate. It is concluded that, due to the high sorption properties of the fibers, there is a wide possibility of using it in the textile industry.**

**Key words: polyester, polyethylene terephthalate, sorption, degree of crystallization, IR spectroscopy, modification, X-ray diffraction pattern.**

Впервые в 1929 году доказана возможность получения волокна на основе полиэфира. До настоящего времени проводятся ряд научных исследований по получению этого волокна, широко развивается производство полиэфирных волокон бытового и технического назначения. В нашей республике в последние годы в ряде производствах производятся волокна из различных полуфабрикатов на основе полиэфира. В настоящее время в мире производятся свыше 20 различных видов смесевых тканей с участием полиэфира [1, С.10 – 11]. Учитывая всё это, расширение возможности применения местных полиэфирных волокон в текстильной промышленности, изучение макромолекулярного строения, состава волокна, его сорбционных и физико-механических свойств является весьма актуальной задачей. Изучением структуры и свойств волокна можно установить порядок и состав процессов химической отделки изделий текстильной промышленности на основе этого волокна.

Известно, что полиэфирные волокна получают в результате реакции поликонденсации терефталевой кислоты или её диметилового эфира и этиленгликоля [2, С. 55 – 60]. Но в зависимости условия ведения реакции, применяемых реагентов, условия формования волокна производимые полиэфирные волокна в разных странах применяют различные названия: Дакрон (США), Тетерон (Япония), Тревир и Ланон (Германия), Тергаль (Франция), Тесил и Свитлен (Чехия), Элана (Польша), Лавсан (Россия) [3, С. 31 – 48]. Также, в целях снижения статического электричества, повышения гигроскопичности, улучшения окрашиваемости,

придания волокну несгораемости или медленной горючести, также для устранения других недостатков полиэтилентерефталат модифицируют, т.е. при получении полимера наряду с основным мономером добавляют другой мономер в количестве 5-10 % (по отношению к основному мономеру). В зависимости их свойства и количества полученный сополиэфир меняет свои свойства [4].

В экспериментах сорбционные свойства образцов изучены на ртутной высоковакуумной установке Мак-Бена с кварцевыми весами. Измерения проведены при температуре 298К и при давлении  $10^{-3} - 10^{-4}$  Па. Рентгенографические исследования проводились на рентгено-дифрактометре «Дрон-3М» с облучаемостью 22 кВ, монохроматизированной с  $\text{CuK}\alpha$ , при силе тока 12 мА. Измерения начались после измельчения образцов и придания им вида таблетки. Измерения проводились в пределе

$2\theta = 10^0 - 35^0$ . ИК – спектроскопический анализ проведен в спектрометре ИК-ФУРЕ (модель 2000, сканирование 100, в  $4 \text{ см}^{-1}$  широте) фирмы “Перкин-Элмер”. Физико-механические показатели образцов определены на сертификационном центре института “SENTEX UZ” по ГОСТ 3813-72 [5, С. 21 – 27].

Обычно надмолекулярное строение полиэтилентерефталата (полиэфира) состоит из кристаллической и аморфной частей. Кристаллическая часть определяет физико-механические свойства волокна, аморфная часть – его сорбционные свойства. Полиэфир (ПЭ) имеет полидисперсное строение, с крепкой цепью и он кристаллизуется. Внутреннее строение волокна обладает порядком высокой степени, его 55-75 % составляет кристаллическая часть. На экспериментах изучены степени кристаллизации полиэфирных волокон, произведенных в различных предприятиях (табл.1.).

Таблица 1

Степени кристаллизации полиэфирных волокон

Образцы	Степень кристаллизации, $\theta$ , %
Полиэфирное волокно, импортного производства в России	53
Полиэфирное волокно, произведенное в СП ООО «Reprocessing Uz»	44
Полиэфирное волокно, произведенное в ООО «ЕКО Plastex»	35
Гранула полиэтилентерефталата, использованная для получения полиэфирного волокна	61

Из приведенных сведений видно, что полиэфирное волокно импортного производства России имеет степень кристаллизации 55 %, когда степень кристаллизации местного полиэфирного волокна равна 35-44 %. Степень кристаллизации гранулы, использованной для получения волокна равна 61 %. Причиной низкого показателя степени кристаллизации местных волокон, по-видимому, является быстрое охлаждение полиэтилентерефталата на предприятии. В макромолекуле волокна полученного с быстрым охлаждением полиэтилентерефталата аморфная часть относительно больше. Известно, что несмотря на то, что мономерные звенья полимера одинаковы, их степень кристаллизации могут отличаться [6]. Это зависит от применения катализатора, его природы и температуры термической обработки. В связи с высокой чувствительностью надмолекулярного строения полимера к тепловой обработке одним из способов управления их свойств является термическая обработка. Обычно время охлаждения определяют в зависимости от требуемой степени кристаллизации готового волокна. Это значит, что в процессе формования полиэфирного волокна меняя условия термообработки можно формовать волокно с заданными свойствами.

Разница в надмолекулярном строении двух исследуемых волокон, полученных в разных предприятиях Республики объясняется различиями факторов формования волокон,

также использованием различных полуфабрикатов. В целях изучения вида использованных полуфабрикатов для получения волокон проведены ИК-спектральные анализы волокон (рис. 1-3).

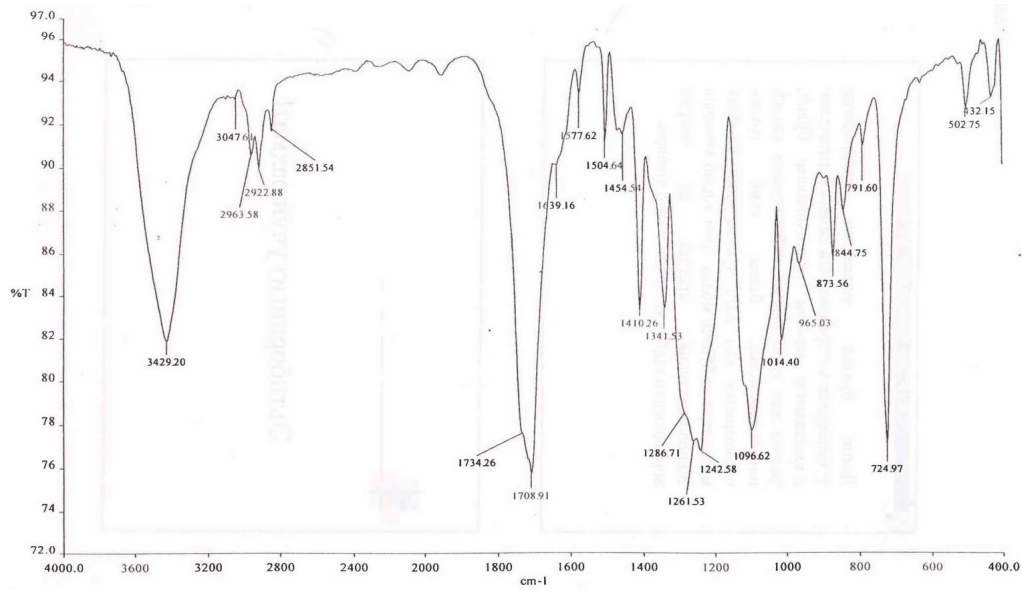


Рис.1. ИК-спектр полиэфирного волокна, импортного произведенного в России (лавсан)

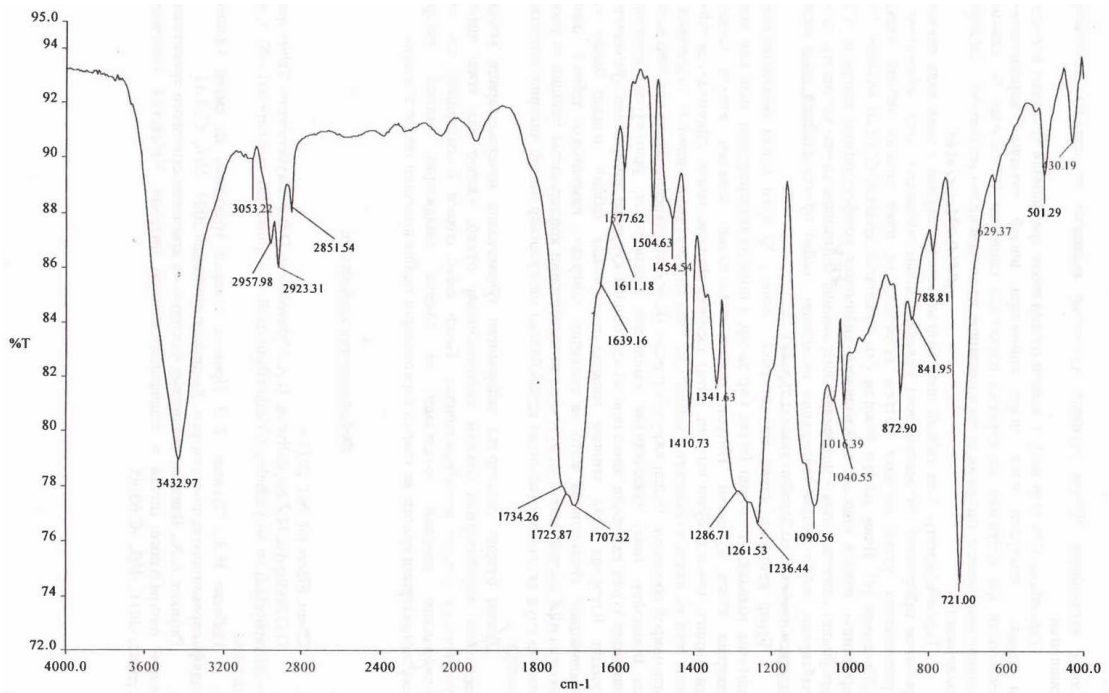


Рис.2. ИК-спектр полиэфирного волокна, произведенного в СП ООО «Reprocessing Uz»

14



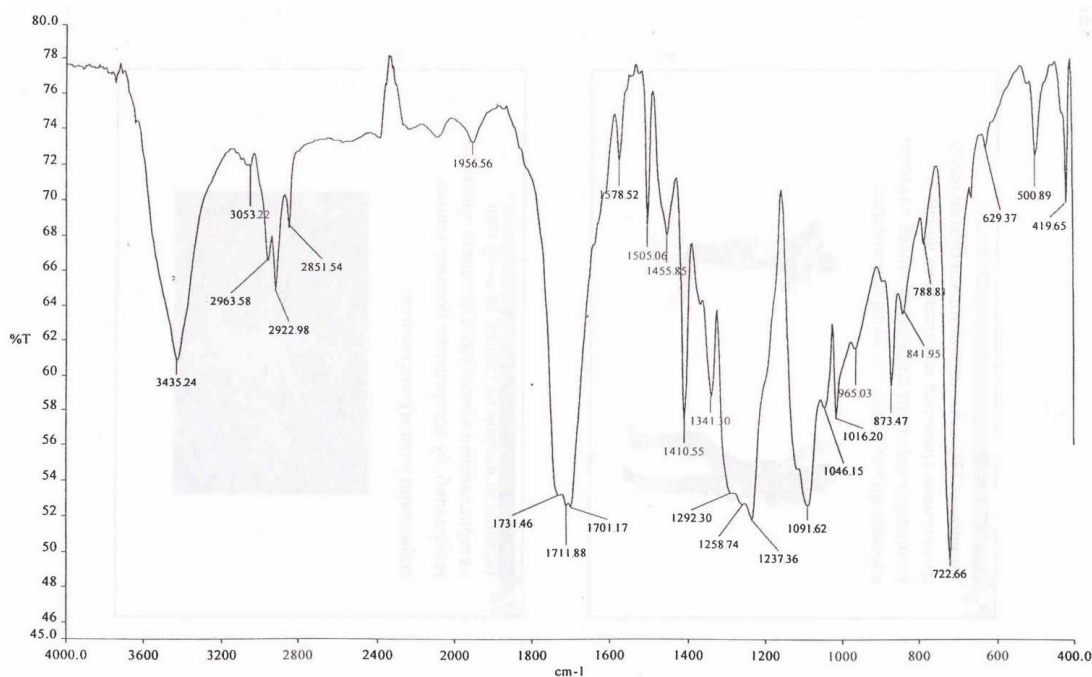


Рис.3. ИК-спектр полиэфирного волокна, произведенного в ООО «ЕКО Plastex»

Обычно получение полиэфирного волокна начинается с синтеза мономеров. Теревталевая кислота (ТФК) или её диметилловый эфир (диметилтерефтат – ДМТ) считается сырьём для получения полиэтилентерефтат (ПЭТ). Во многих предприятиях ПЭТ получают из ДМТ несмотря на то, что впервые ПЭТ получен из ТФК. Это связано с тем, что для получения ПЭТ необходима абсолютно чистая ТФК. Процесс очистки ТФК является трудным. После получения ТФК или ДМТ получают ПЭТ периодическим или непрерывным способом. На этих стадиях параллельно синтезируется дигликольтерефтат – ДГТ, затем его поликонденсируют. При этом используют этиленгликоль или этилен оксид. На указанных процессах получают гранулы полимера, на следующем этапе осуществляется процесс получения волокна. В составе полученного готового волокна могут быть реагенты, использованные при получении мономера или полимера. На приведенных спектральных кривых на ИК-спектрах местного ПЭ волокон наблюдается снижение колебаний, соответствующих карбонильным группам  $1725\text{ см}^{-1}$  и  $1711\text{ см}^{-1}$ , это означает что  $\text{C=O}$  группы заменены другими группами. Значит, волокно можно рассмотреть, как полученное из сополимера или модифицированное волокно. Такие волокна производятся в США (кодел) и в Германии (вестан). За счет изменения  $\text{C=O}$  группы с другими группами возможно улучшение некоторых текстильных свойств волокна. На спектральных кривых волокна СП ООО «Reprocessing Uz» появление линии, соответствующего  $1611\text{ см}^{-1}$  -  $\text{NH}_2$  аминогруппам показывает, что волокно модифицировано мономером, содержащим аминогруппы. На спектральных кривых волокна ООО «ЕКО Plastex» не обнаружено колебание соответствующего  $1611\text{ см}^{-1}$ . Это означает что полуфабрикаты – полимеры обеих исследуемых волокон имеют различные составы. Исследование показали, что изменение  $\text{C=O}$  групп в волокнах на группы кислотного или щелочного характера приводит к высокой гигроскопичности по сравнению волокна импортного производства. Из-за плотного строения и отсутствия гидрофильных групп полиэфирные волокна считаются гидрофобным. При относительной влажности 65% оно поглощает 0,4 % влажности, при относительной влажности 100% поглощает 0,6–0,8% влажности. В водной среде волокно абсолютно не набухает. Обладает свойством накопления электрического заряда на высокой степени. Эти свойства ухудшают окрашиваемости волокна и условий механической работы. В нижеприведенной таблице показаны сорбция паров воды на исследуемые образцы и их капиллярно-пористые характеристики.

Таблица 2

Сорбция паров воды в образцы при температуре 25<sup>0</sup>С

Образцы	Волокно, импортного производства	Гранула полиэтилен-терефталата	Полиэфирное волокно, произведенное в СП ООО «Reprocessing Uz»	Полиэфирное волокно, произведенное в ООО «ЕКО Plastex»
Относительная влажность, %	Сорбция, %			
10	0,20	0,15	0,25	0,25
30	0,25	0,20	0,30	0,30
50	0,30	0,30	0,40	0,35
65	0,40	0,35	0,50	0,45
80	0,50	0,40	0,65	0,55
90	0,55	0,45	0,70	0,65
100	0,65	0,50	0,80	0,70

Из таблицы следует, что количество сорбции паров воды в гранулу, которая использовалась при получении волокон ниже, чем количество сорбции паров воды во все изучаемые волокна. Отсюда можно сделать вывод, что на сорбционные свойства волокон влияет процесс формования волокон, а не функциональные группы в составе полимера, которые придают гигроскопичность. Вместе с тем, высокие значения сорбционных свойств обеих полиэфирных волокон, получаемых на нашей Республике по отношению к импортному волокну, свидетельствует о наличии в их составе гидрофильных групп. Различие сорбционных свойств между обеими волокнами говорить о том, что при их получении использованы различные химические реагенты. Капиллярно-пористые характеристики волокна могут меняться в зависимости от строения макромолекулы и условия формования волокна [7, С. 1840 – 1851]. В табл. 3. приведены капиллярно-пористые характеристики исследуемых образцов.

Таблица 3

## Капиллярно-пористая характеристика образцов

Образцы	Волокно, импортного производства	Гранула полиэтилен-терефталата	Полиэфирное волокно, произведенное в СП ООО «Reprocessing Uz»	Полиэфирное волокно, произведенное в ООО «ЕКО Plastex»
Объем монослоя, $X_m, g/g$	0,0034	0,0019	0,0042	0,0039
Удельная поверхность, $S_{yg}, m^2/g$	12,22	6,86	13,84	13,95
Суммарный объем пор, $W_o, sm^3/g$	0,0070	0,0060	0,0080	0,0092
Радиус пор (капилляра), $r_k, A^0$	11,46	17,48	12,56	11,76

Из таблицы видно, что капиллярно-пористые характеристики всех исследуемых волокон взаимно близки. Это показывает, что макромолекулы волокон имеют близкие или

одинаковые строения. Уменьшение удельной поверхности и суммарного объема пор объясняется уменьшением монослоя волокон в процессе получения нити из штапельного волокна и уплотнением структуры в процессе сообщения крутки. По строению макромолекулы в процессе формования волокна, по существующим конформационным изменениям, по строениям и природе боковых групп капиллярно-пористые характеристики местного полиэфирного волокна отличаются от характеристик импортного волокна. Изменение сорбционных свойств волокон влияет на их физико-механические свойства (табл.4.). Повышение гигроскопичности химических волокон обычно осуществляется тремя способами: введением в макромолекулу волокна функциональных групп, которые смогут связываться с водой (модификацией); образованием на волокне или на нити управляемую капиллярную пористость; изменением формы и строения поверхности волокна. Однако необходимо учесть, что придание гигроскопичности с изменением структуры волокна отрицательно влияет на его физико-механические показатели.

Таблица 4

Физико-механические показатели полиэфирных волокон

Образцы полиэфирных волокон	Разрывная прочность, (не менее) N/teks	Разрывное удлинение, % (не более)
Волокно, импортного производства	0,45	49
Волокно, произведенное в СП ООО «Reprocessing Uz»	0,40	47
Волокно, произведенное в ООО «ЕКО Plastex»	0,38	46
ГОСТ 26022-94 Волокно полиэфирное	0,36	50

Из полученных результатов видно, что хотя сорбционные свойства волокон отличаются, обладают схожими физико-механическими показателями. Это также подтверждают результаты рентгенограммы и ИК-спектроскопических анализов, что означает – основная часть полимера состоит из полиэтилентерефталата.

По литературным данным ПЭ волокно можно производить в модифицированном состоянии, добавляя в него в количестве 5-10 % одну из следующих веществ – диметиловый эфир изофталевой кислоты, калиевые соли диметилового эфира изофталевой кислоты, диметиловый эфир адептиновой кислоты, метиловый эфир оксиэтоксibenзойной кислоты, диметиловый эфир 5-оксиизофталевой кислоты, диметиловый эфир 2,6-нафталин дикарбоновой кислоты [8, 326 – 414]. Полученные экспериментальные результаты подтверждают о том, что производимые в нашей Республике полиэфирные волокна получены из модифицированного полиэтилентерефталата.

ПЭ – термопластичное волокно, температура размягчения составляет 258-260<sup>0</sup>С, в органических растворителях растворяется. ПЭ волокно под действием некоторых реактивов (бензойная и салициловая кислоты) набухает, и этим обстоятельством пользуются в процессе крашения этого волокна. В мокром состоянии не изменяется величина разрывного удлинения. ПЭ изделия хорошо сохраняют форму, обладают высокой эластичностью. На ПЭ волокна слабые кислоты не действуют даже при температуре кипения. В низкой температуре волокна устойчивы к действиям сильных кислот и слабых щелочей. При высокой температуре не устойчивы к действию едкой щелочи, при этом они гидролизуются. ПЭ волокна относительно устойчивы к действиям окислителей, но устойчивы биологическим действиям, микроорганизмам и моли. В табл. 5 приводятся результаты реакций характерных для полиэфирных волокон.

Результаты характерных реакций полиэфирных волокон

Образцы полиэфирных волокон	Продолжительность растворения, мин	
	В 40 % -ном растворе NaOH при 90 °С	В 60 % -ном растворе H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> при 100 °С
Волокно, импортного производства	6	4
Волокно, произведенное в СП ООО «Reprocessing Uz»	17	18
Волокно, произведенное в ООО «ЕКО Plastex»	25	24

Из сведений, приведенных в таблице видно, что для растворения местных полиэфирных волокон в растворах щелочи и серной кислоты требуется больше времени чем для растворения импортного волокна. Кроме того, в растворе местных полиэфирных волокон в щелочи через 30 минут после растворения наблюдается образование кристаллов, что требует глубокого анализа состава местных полиэфирных волокон.

Таким образом, полиэфирное волокно, производимое в республике по своим физико-механическим свойствам, надмолекулярным и морфологическим строением схоже с практически применяемым импортным волокном, по сорбционным свойствам отличается в положительную сторону – что показывает возможности широкого использования этого волокна в текстильной промышленности.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Э.М.Айзенштейн. Полиэфирные волокна по-прежнему в лидерах. // Рабочая одежда. Легпромбизнес. – 2012. – №1. (54). – С. 10-11.
2. А.Л.Хамроев. Синтетик толалар ишлаб чиқариш технологияси. – Т, “Ўзбекистон”, 2000. – Б. 136.
3. К.Е.Перепёлкин. Современные химические волокна и перспективы их применения в текстильной промышленности. // Российский химический журнал. – 2002., т. XLVI. – №1. (31). – С. 31-48.
4. <http://rustm.net/catalog/article/727.html> Э.М.Айзенштейн, Л.А.Ананьева, О.Н.Верещак, Л.В.Игнатовская, О.П.Окунева. Полиэфирные волокна и нити с пониженной горючестью – потенциальное сырье для текстильных материалов технического назначения. // Технический текстиль - №4. 2002.
5. Ю.Л.Жерницын, А.Э.Гуламов. Методические указание по выполнению научно-исследовательских и лабораторных работ по испытанию продукции текстильного назначения. – ТИТЛП. 2007. – С. 96.
6. [http://science-bsea.bgita.ru/2013/mashin\\_2013\\_17/bituckaya\\_v1.htm](http://science-bsea.bgita.ru/2013/mashin_2013_17/bituckaya_v1.htm) / Битюцкая Е.А. Влияние степени кристалличности на свойства полимеров.
7. М.М.Дубинин. Исследование пористой структуры твердых тел сорбционными методами // ЖФХ, 1996, №8. С. 1840-1851.
8. Полиэфирные волокна из химические модифицированного полиэтилентерефталата, М., 1977 (Обзорная информация НИИТЭхим.//Сер.: Промышленность химических волокон); Э.М.Айзенштейн, в кн.: Технология производства химических волокон, 3 изд., - М., 1980. – С. 326-414.

## СОЗДАНИЕ ПРОГРАММНОГО МОДУЛЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО РАЗМЕРА АППАРАТА ДЛЯ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ

### CREATION OF A SOFTWARE MODULE FOR DETERMINING THE OPTIMAL SIZE OF THE MIXING DEVICE

Л.В. Кожевникова<sup>1</sup>, В.Б. Кузнецов<sup>1</sup>, С.О. Кожевников<sup>2</sup>  
L.V. Kozhevnikova<sup>1</sup>, V.B. Kuznetsov<sup>1</sup>, S.O. Kozhevnikov<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина

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

<sup>2</sup>Ivanovo State Power University named after V. I. Lenin

Email: kojevnikov\_so@mail.ru

В работе приведены результаты разработки программного модуля для геометрической оптимизации аппарата для перемешивания жидких сред, оснащенного вращающейся мешалкой. Приведены расчетные зависимости для определения высоты подъема жидкости на стенке аппарата и понижения уровня жидкости в центре на валу мешалки. Разработан программный модуль с интерфейсом, позволяющий выполнять геометрический синтез и оптимизацию аппарата для перемешивания жидкой среды.

**Ключевые слова:** синтез аппарата, перемешивание, программирование, мешалка.

The paper presents the results of the development of a software module for geometric optimization of a device for mixing liquid media equipped with a rotating agitator. The calculated dependences for determining the height of the liquid rise on the wall of the apparatus and the decrease in the liquid level in the center on the agitator shaft are given. A software module with an interface has been developed that allows performing geometric synthesis and optimization of the apparatus for mixing the liquid medium.

**Keywords:** apparatus synthesis, mixing, programming, agitator.

Качество отделки текстильных материалов оказывает решающее значение на потребительские свойства текстильных изделий. Красители, применяемые для крашения, характеризуются степенью дисперсности пигментов. Получение пигмента с малым размером частиц повышает скорость их проникновения в толщу волокон. Решающее влияние на получение коллоидов пигментных красителей оказывает применяемая технология процесса и используемое технологическое оборудование [1, 2].

Выполненные исследования показали, что наиболее энергоемкой операцией получения тонких пигментных красителей является их диспергирование. Диспергирование позволяет осуществить разрушение агрегатов и агломератов пигментов. Кроме того, обеспечивает полное смачивание поверхности пигмента жидкой фазы композиции, что предотвращает флокуляцию пигмента.

Наши исследования показали, что конструкции существующих аппаратов, для получения материалов высокой дисперсности требуют дальнейшего совершенствования. Кроме того, применяемые для этой цели конструкции достаточно энерго- и металлоемки [2].

Авторами предложена конструкция перемешивающего устройства, позволяющая осуществлять диспергирование и механическую активацию жидкой композиции с дальнейшим

Механическая мешалка, помещённая в центре сосуда, вызывает вращательное движение всего объёма жидкости, находящейся в ней. При малых числах оборотов это движение приводит к небольшому понижению уровня жидкости у вала мешалки и образованию воронки. Образование центральной воронки является следствием центробежных сил и сил тяжести. С увеличением числа оборотов, возникающая воронка постепенно

углубляется, достигает мешалки, а в предельном случае и дна сосуда [1]. Образование воронки допустимо в случае, когда она не достигает самой мешалки, т.к. происходит подсос воздуха в жидкость. Аэрация жидкости в некоторых процессах недопустима. Кроме того, возможно возникновение колебания вала и самой мешалки, что может привести к быстрому износу опорных частей и подшипников [1].

Таким образом, определение высоты подъема жидкости и заглубления ее у вала важный параметр процесса перемешивания, влияющий на качество получаемого продукта.

На высоту и форму воронки оказывают: конструктивное оформление мешалки, частота вращения вала, физические свойства перемешиваемой среды – вязкость и плотность. Перечисленные выше факторы оказывают влияние на величину центробежной силы, например, с увеличением вязкости жидкости центробежная сила будет падать, следовательно, высота воронки также будет уменьшаться [1,3].

Как правило, интенсивное перемешивание осуществляется при таких скоростях, при которых понижение уровня жидкости не достигает ступицы мешалки.

Распределение скоростей вращающейся жидкости в аппарате с мешалкой, также оказывает влияние на профиль и высоту воронки. Область вращающейся жидкости вблизи мешалки называют областью вынужденного вихря или так называемого вихря Ренкина. Анализируя распределение угловых скоростей в жидкости, и принимая несколько упрощающих допущений, можно вывести уравнение, определяющее форму поверхности при образовании воронки.

В литературе приводятся уравнения для определения высоты подъема жидкости по стенке сосуда, а также построение профиля воронки в соответствии с рис. 1.

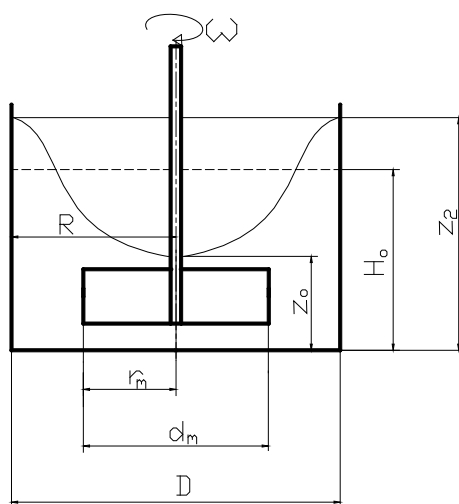


Рис. 1. К выводу уравнения для определения высоты подъема жидкости и профиля воронки в аппарате с мешалкой

Так, уравнение для определения высоты перемешиваемой жидкости у стенок сосуда определяется из равенства [4]:

$$z_2 = z_0 + \frac{\omega^2 \cdot r_u^2}{2 \cdot g} \cdot \left( 2 - \frac{r_u^2}{r_2} \right), \quad (1)$$

где  $z_0$  – высота слоя жидкости в самой нижней точке свободной поверхности жидкости (рис. 1), м;  $\omega$  – угловая скорость вращения мешалки,  $\text{с}^{-1}$ ;  $r_u$  – радиус центрального вихря, зависящий от размеров мешалки,  $r_u = 0,45r_m$ , м;  $g$  – текущий радиус, м.

Однако приведённое уравнение не учитывает конструкцию мешалки и вязкость перемешиваемой жидкости. На основе анализа результатов наших исследований уравнение (1) было дополнено коэффициентами, учитывающими вязкость перемешиваемой жидкости и тип мешалки:

$$z_2 = z_0 + \frac{\omega^2 \cdot r_u^2 \cdot \kappa_1}{2 \cdot g \cdot \kappa_2} \cdot \left( 2 - \frac{r_u^2}{r_2} \right), \quad (2)$$

где  $\kappa_1$  – коэффициент, учитывающий вязкость перемешиваемой среды, определяемый по графику (рис. 2);  $\kappa_2$  – коэффициент, зависящий от типа перемешивающего устройства: для мешалки с трубками переменного сечения  $\kappa_2=8\div 10$ ; для дисковой мешалки с трубками  $\kappa_2=11\div 12$ ; для рамной мешалки  $\kappa_2=12\div 13$ ; для дисковой мешалки  $\kappa_2=14\div 15$ ; для пропеллерной мешалки  $\kappa_2=20\div 25$  [2].

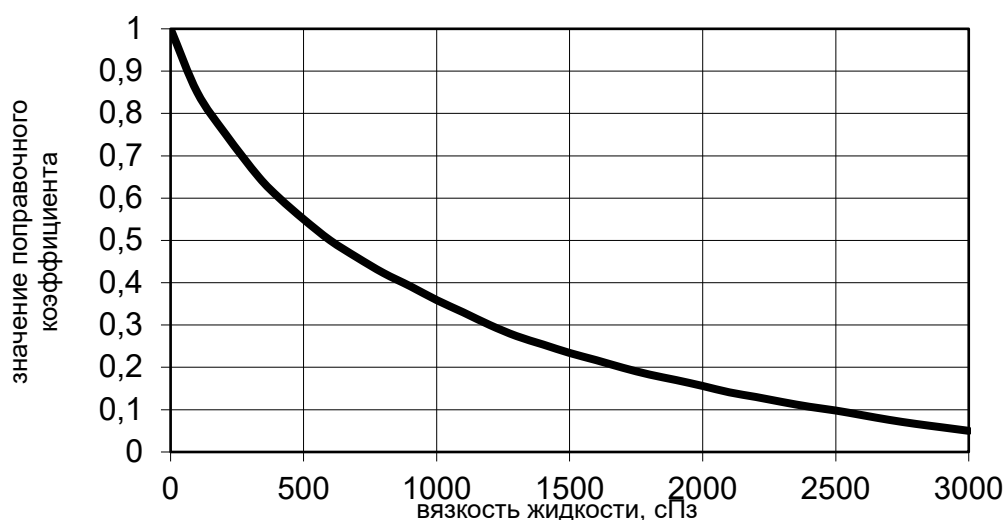


Рис. 2. Влияние вязкости жидкости на поправочный коэффициент  $\kappa_1$

Высота слоя в самой нижней точке свободной поверхности жидкости также определяется по выражению, приводимому в литературе [4]. С учётом вязкости жидкости и типа мешалки данное равенство приняло вид

$$z_0 = H_0 - \frac{\omega^2 \cdot \kappa_1}{2 \cdot g \cdot \kappa_2} \cdot \frac{r_u^4}{R^2} \cdot \left( 0.25 + \ln \frac{R}{r_u} \right), \quad (3)$$

где  $H_0$  – начальная высота жидкости в аппарате, м;  $R$  – радиус аппарата, м.

Построение профиля воронки производится изменением текущего радиуса  $r$  по формуле (2).

По выражениям (2) и (3) можно вычислять максимальный подъём жидкости у стенки аппарата, а также производить построение профиля воронки в зависимости от типа мешалки и вязкости перемешиваемой среды. Путём подбора  $\omega$  в формуле (3) можно определить предельную частоту вращения мешалки, при которой жидкость достигает ступицы мешалки.

Методика определения профиля и высоты воронки жидкости в аппарате с мешалкой дополнена коэффициентами, учитывающими вязкость перемешиваемой среды и тип мешалки. Она позволяет на этапе проектирования подобрать частоту вращения мешалки, определить предельное её значение, а также определить высоту аппарата, в котором будет проводиться процесс смешения.

В среде MatLAB была разработан программный модуль определения профиля воронки жидкости в аппарате с мешалкой. Программа имеет интерфейс и вывод профиля воронки на экран. Интерфейс программного модуля приведен на рис. 3.

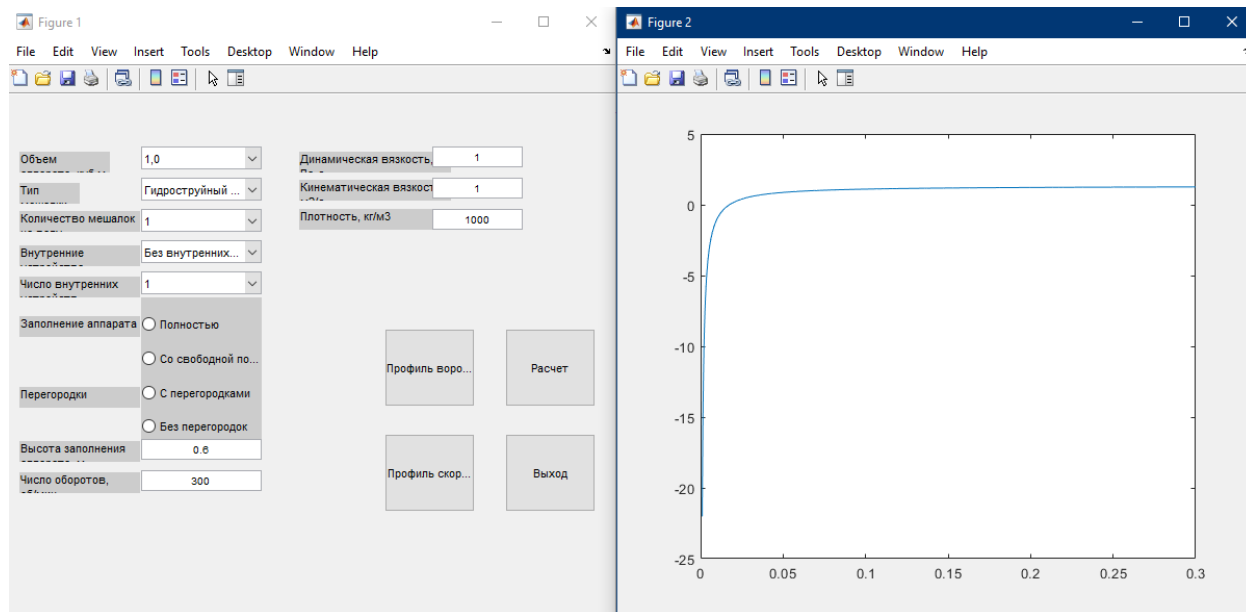


Рис. 3. Интерфейс программного модуля

Программный модуль учитывает все возможные показатели, влияющие на процесс образования воронки. Изменяя каждый параметр можно выполнять геометрическую и режимную оптимизацию процесса перемешивания.

Работа выполнена при поддержке Гранта РФФИ по проекту 20-43-370007 р\_а\_Ивановская область: «Развитие научных основ прогнозирования функциональных и конструкционных параметров синтезируемых полимерных волокнистых композитных систем».

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кожевников С.О. Разработка смесителя для перемешивания жидких и гетерогенных сред [Текст]: дис. ... канд. тех. наук: 05.02.13: защищена 07.07.05./ Кожевников Сергей Олегович. - Иваново, 2005. - 138 с.
2. Устройство для механоактивации коллоидных дисперсных систем. Патент на полезную модель РФ №184449. Оpubл. 25.10.2018.
3. Кожевников, С.О. Определение высоты воронки и построение её профиля в аппарате с мешалкой с учётом вязкости жидкости и типа мешалки. / Гуюмджян П.П., Кожевников С.О., Лебедев М.С. //«Вестник научно-промышленного общества. Выпуск 8». М.: Издательство «АЛЕВ-В», 2004, с. 32-35.
4. Штербачек З., Тауск П. Перемешивание в химической промышленности. Л. Госхимиздат, 1963.



## **ВЫБОР И ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ РАБОТЫ РЕКУПЕРАТИВНОГО ТЕПЛООБМЕННИКА В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ГИПСОВЫХ БИНТОВ**

### **SELECTION AND OPTIMIZATION OF THE OPERATING PARAMETERS OF THE RECUPERATIVE HEAT EXCHANGER IN THE PRODUCTION LINE IN THE PRODUCTION OF PLASTER BANDAGES**

Е.Н. Калинин, В.Б. Кузнецов, Е.Е. Корочкина  
E.N. Kalinin, V.B. Kuznetsov, E.E. Korochkina

Ивановский государственный политехнический университет  
Ivanovo State Polytechnic University,  
E-mail: enkalini@gmail.com, kuznetsovtex@gmail.com, fmkee@yandex.ru

**В работе разработан и приведен комплекс мероприятий, направленный на решение проблем рационального использования энергетических и сырьевых ресурсов посредством применения процедур по возврату отработанных технологических сред в производственный цикл производства гипсовых бинтов с оптимизацией параметров процессов и реализующего их оборудования.**

**Ключевые слова:** теплообменный аппарат, шпандирование, энергетические и сырьевые ресурсы.

**A set measures has been developed aimed at solving the problems of rational use of energy and raw materials through the application of procedures for the return of waste technological media to the gypsum bandage production cycle with optimization of process parameters and equipment that implements them.**

**Keywords:** heat exchanger, granding, energy and raw materials.

Данный проект ориентирован на комплексное решение проблем рационального использования сырьевых ресурсов. Одним из путей ее решения может служить создание технологических производств замкнутого цикла, которые, в частности, могут быть реализованы при производстве гипсовых бинтов и при использовании в качестве жидкой фазы вместо воды органических растворителей, являющихся основой ресурсосберегающих технологических процедур.

Производство гипсовых бинтов методом шпандирования при уменьшения энергоемкости их изготовления с комплексным решением задач рационального использования материальных и энергетических ресурсов посредством расширения возможностей применения эффективных способов с разработкой системы планирования ресурсосберегающих технологических режимов на основе численного моделирования гидродинамической системы «твердое тело – жидкая фаза» с определением рецептурно-технологических параметров и достигаемых эксплуатационных свойств продукта с научным обоснованием технологических прототипов получения оптимизированных по составу и свойствам конкурентоспособных модифицированных гипсовых дисперсий в сочетании с энергосберегающими режимами термической обработки волокнистых композитов при выпуске готовой продукции.

В статье рассмотрены требования к растворителям, которые могут быть использованы в качестве жидкой фазы в коллоидной гипсовой системе и решению задач по прототипированию конструкции теплообменного аппарата в рассматриваемой задаче.

Цель разработки заключалась в принятии инженерных решений по обоснованию и оптимизации параметров регенерационного цикла по возврату паров органического растворителя в технологический цикл производства гипсовых бинтов в поточной технологической линии IVFMaschinenfabrik-Schaffhauzen (Швейцария).

Тем не менее, ряд особенностей процесса ректификации, заключающиеся в различии соотношения нагрузок по жидкости и пару в нижней и верхней частях колонны, переменные по высоте колонны физические свойства фаз и коэффициент распределения, совместное протекание процессов массо- и теплопереноса, осложняют его расчет.

Одна из сложностей заключается в отсутствии обобщенных закономерностей для расчета кинетических коэффициентов процесса ректификации. Большинство рекомендаций сводится к использованию для расчета ректификационных колонн кинетических зависимостей, полученных при исследовании абсорбционных процессов.

Для оценки возможности применения того или иного растворителя в процессе производства гипсовых бинтов нами выбраны 6 основных критериев исходя из комплекса их физических свойств и с требованиями по безопасному использованию с позиций экологичности.

Все эти требования в полной мере удовлетворяют метилен-хлорид, ацетон и этиловый спирт.

Они относятся к малоопасным веществам, т.к. имеют сравнительно высокие предельно допустимые концентрации в воздухе рабочей зоны обслуживания технологического оборудования. Кроме того, они имеют высокие показатели по температуре воспламенения и по пределу взрывоопасности при достаточно низких температурах кипения.

Указанные свойства позволяют использовать их в технологических процессах получения гипсовых бинтов на малогабаритном оборудовании при относительно низких энергетических затратах.

В таблице 1 представлены виды растворителей, нашедших широкое применение в различных отраслях промышленного производства, медицине и сфере бытовых услуг.

Таблица 1

Растворитель	Температура кипения, °С	Класс опасности <sup>1</sup>	ПДК <sup>2</sup> в раб. зоне, мг/м <sup>3</sup>	T <sub>всп.</sub> , °С <sup>3</sup>	T <sub>вос.</sub> , °С <sup>4</sup>	Предел взрывоопасности, % об.
1. Этиловый эфир	35	4	300	43	180	1,9
2. Диэтиловый эфир	35	4	300	43	180	1,9
3. Метиленхлорид	40	4	50	14	-	13
4. Ацетон	56	4	200	-20	465	2,5
5. Метанол	65	3	5	6	44	6,9
6. Дипропиловый эфир	69	3	100	-28	-	1,4
7. Четыреххлористый углерод	76	2	20	-	-	-
8. Этилацетат	77	4	50	2	400	0,1
9. Этиловый спирт	78	4	1000	13	363	3,3
10. Изопропиловый спирт	83	3	10	11	400	2,0
11. Трихлорэтилен	83	3	10	-	-	8,0

**Примечание:** 1. Класс опасности: 4 – малоопасные вещества; 3 – умеренно опасные вещества; 2 – опасные вещества. 2. «Федеральные санитарные правила, нормы и гигиенические нормативы. Предельно-допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Гигиенические нормативы. ГН 2.2.5. 686 -98».

3. Температура вспышки. 4. Температура воспламенения.

На основании проработанных нами технологических контуров (рис.1) приготовления,

дозирования и транспорта гипсовой массы к пропиточной машине комплекта оборудования, входящего в состав технологической линии и в результате выполнения предпроектных расчетов по массообменным и теплотехническим параметрам синтезируемой системы нами принято решение об использовании в организации замкнутого цикла технологической схемы рециклинга паров органического растворителя кожухотрубчатого конденсатора (КТК) с характеристиками, обеспечивающими оптимальные параметры реализуемых процессов. Функция КТК заключается в дистилляции органических паров, выделяемых в процессе сушки гипсового бинта и в рециклинге выделенного конденсата в технологический процесс как растворителя при приготовлении гипсовой массы в перемешивающем устройстве 5.11 (рис.1, 2), дозирочном устройстве 5.8 (рис.1), перемешивающем устройстве для гипсовой массы 5.12, и пропиточной машины сушильно-пропиточной линии 5.2 (рис.1, 2).

На рис.2 представлена принципиальная технологическая схема дистилляции паров органического растворителя и рециклинга выделенного дистиллята в технологический процесс приготовления, дозирования и транспорта гипсовой массы. В соответствии с приведенной технологической схемой пары растворителя из сушильной камеры подаются в конденсатор- дефлегматор (Д-К), где происходит конденсация с массовой концентрацией легколетучего компонента 98,2%.

Дистиллят подается в холодильник (Х) для дальнейшего охлаждения. Охлажденный дистиллят из холодильника транспортируется в емкость готового продукта (Е) с дальнейшей подачей дистиллята растворителя в перемешивающее устройство для растворителя 5.11 (рис.1, 2).

Для конденсации паров и охлаждения конденсата используется холодная вода, подаваемая с помощью центробежного насоса. Вода из конденсатора(Д-К) (рис.2) и холодильника (Х) направляется на охлаждение

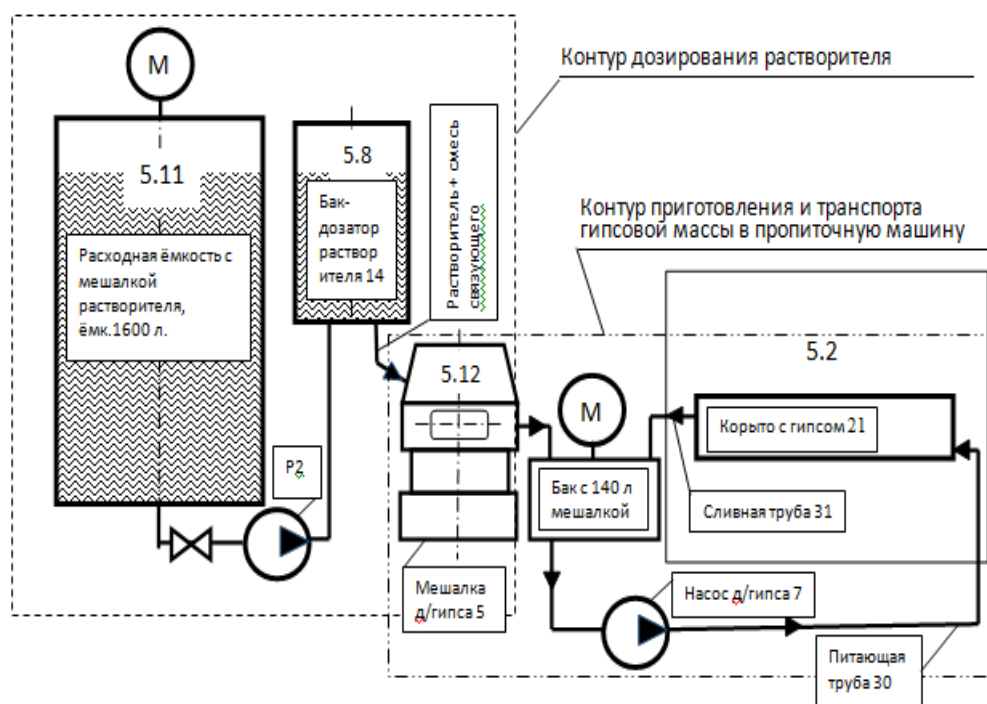


Рис.1. Технологические контуры приготовления, дозирования и транспорта гипсовой массы к пропиточной машине

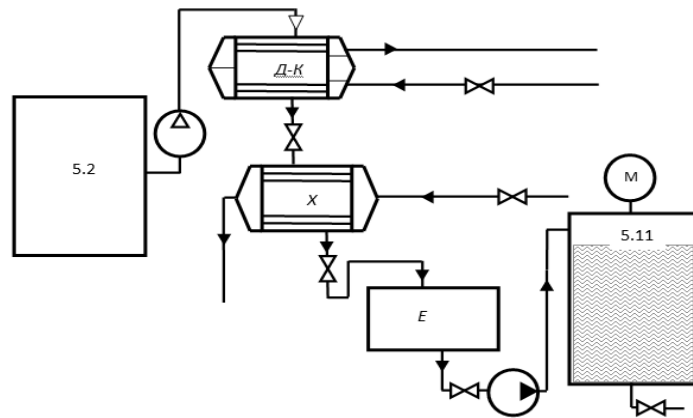


Рис.2. Технологическая схема рециклинга паров органического растворителя

паров растворителя и дистиллята, а затем повторно используется в режиме замкнутого цикла технологического процесса изготовления гипсовых бинтов.

В соответствии с поставленными задачами по определению оптимальных эксплуатационных параметров оборудования, организующего рекуперационный процесс по возврату паров органического растворителя в технологический цикл производства гипсовых бинтов.

Каждый из приведённых растворителей определён в качестве компоненты гипсовой массы – матрицы связующей компоненты синтезируемого композита с текстильной волокнистой основой.

В соответствии с ГОСТ принимаем возможными к установке нормализованные теплообменники по ГОСТ 14246—79, а также кожухотрубчатые конденсаторы (КТК) с плавающей головкой (ГОСТ 14247—79).

Основные параметры нормализованного КТК, определённого нами в соответствии с расчётами применительно к двум видам растворителя приведены в табл.2. Приведённые расчётные параметры являются основанием для предварительного определения технико-экономических характеристик как самого КТК, так и поточной линии для реализации рекуперационного цикла по возврату паров органического растворителя в технологический цикл производства гипсовых бинтов.

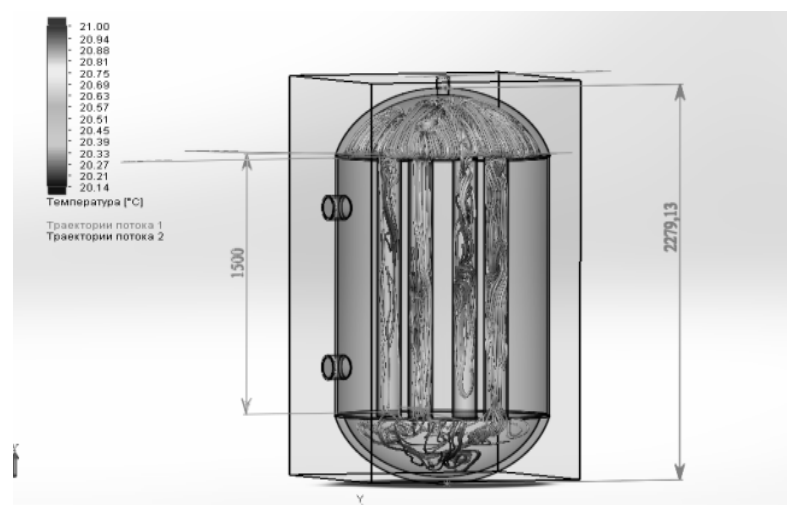


Рис.3. Температурное поле теплоносителей КТК.

Таблица 2

Растворитель	Температура кипения, °С	Теплота конденсации, Дж/кг	Тепловая нагрузка, кВт	Поверхность теплопередачи, м <sup>2</sup>	Число рядов труб
Метилен-хлорид	40	336,4	248,5	14,5	9
Этиловый спирт	78	913	341,5	19,5/26,0	9/11

Определён комплект типоразмеров конденсаторов–дефлегматоров с заданным расходом в технологической схеме дистилляции паров органического растворителя (применительно к каждому виду растворителя) и рециклинга выделенного дистиллята в технологический процесс приготовления, дозирования и транспорта гипсовой массы – матрицы композитного материала.

Выбран в соответствии с ГОСТ 14246—79 по результатам конструкторских и проверочных расчетов дефлегматор-конденсатор КТК, удовлетворяющий заданным параметрам с запасом 42%.

Рассчитаны гидравлическое сопротивление дефлегматора и трубопровода для подачи воды в систему холодильника. Определён режим подачи воды, и удовлетворяющий расчетам циркуляционный насос с запасом мощности 40%.

#### ЛИТЕРАТУРЫ

1. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию. Под ред. Дытнерского Ю.И., М.: Химия. – 1991.- 496 с.
2. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии, С – Пт.: Химия. – 1987. – 576 с.
3. Варгафтик Н.Б. Справочник по тепло – физическим свойствам газов и жидкостей. М.: Наука. – 1972. 720с.
4. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. – М.: Химия. – 1973. 754 с.

## **ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ БЛОКОВ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ОБОРУДОВАНИЕМ С ВНУТРЕННИМИ ИСТОЧНИКАМИ ТЕПЛОТЫ**

### **OPTIMIZATION OF DESIGNING OF ELECTRONIC CONTROL UNITS FOR TECHNOLOGICAL EQUIPMENT WITH INTERNAL HEAT SOURCES**

Е.Е. Корочкина, О.В. Блинов  
E.E. Korochkina, O. V. Blinov

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

Рассмотрены некоторые вопросы моделирования теплового режима радиоэлектронной аппаратуры. Созданы модели температурных полей для четырёх процессоров с внутренними источниками теплоты, влияющих друг на друга. Модели рассчитаны для трех типов процессоров. Приведены графики зависимости температуры между процессорами от расстояния между ними.

**Ключевые слова:** процессор, температурное поле, радиоэлектронная аппаратура.

**Somme issues of modeling the thermal regime of electronic equipment are considered. The models of temperature fields for four processors with internal heat sources influencing each other were created. Models are designed for three types of processors. The graphs of temperature dependence between processors on the distance between them are shown.**

**Keywords:** cpu, temperature field, radioelectronic equipment.

Управляющие процессоры радиоэлектронной аппаратуры оборудования технологического оборудования в текстильной и химической промышленности работают в тяжелых условиях повышенной влажности и повышенных температур в производственных цехах. Очень важно, что бы тепловыделяющие элементы РЭА не перегревали друг друга. Для этого их нужно разместить на оптимальном расстоянии на электронной плате.

Нами разработана тепловая модель, состоящая из четырёх процессоров с внутренними источниками теплоты, которые влияют друг на друга. Произведен расчет температурного поля каждого элемента и результирующего температурного поля для четырёх объектов, расположенных на различных расстояниях друг от друга.

Численный эксперимент был произведен для четырёх процессоров электронных вычислительных устройств: Intel Core i3, Intel Core i5, Intel Core i7.

Процессор Intel Core i3 имеет следующие параметры, которые являются входными данными для модели.

Материалы Silicon, PCB 12-layers. Тепловой источник VS Мощность 73W. Цели ГЦ Max температура.

Время нагрева 7с.

Core i3-540 Частота 3060 Сокет LGA 1156 Тепловыделение 73 (W- Ватты)

Описание: Тактовая частота 3067 МГц, Частота шины DMI МГц, Коэффициент умножения 23, Напряжение на ядре 0.65 В

Наборы команд:

Поддержка Hyper-Threading

Инструкции MMX, SSE, SSE2, SSE3, SSE4

Поддержка AMD64/EM64T

Поддержка NX Bit

Поддержка Virtualization Technology

Ядро:  
Ядро Clarkdale  
Количество ядер 2  
Техпроцесс 32 нм  
Кэш  
Объем кэша L1 64 Кб  
Объем кэша L2 512 Кб  
Объем кэша L3 4096 Кб  
Максимальная рабочая температура 90 °С  
Напряжение на ядре 0.65В-1.4В

Процессор Intel Core i3 удобно применять для обработки текстов, электронной почты, и т.д. Мощности процессора Core i3 более чем достаточно, чтобы обрабатывать это всё с легкостью. Процессор Core i3 является 100% и доступным для подавляющего большинства пользователей.

Процессор Intel Core i5 имеет следующие параметры, которые являются входными данными для модели.

Материалы Silicon, PCB 12-layers. Тепловой источник VS Мощность 95W. Цели ГЦ Max температура.

Время нагрева 7с.

Core i5-750 Частота 2660 Сокет LGA 1156 Тепловыделение 95 (W- Ватты)

Количество ядер	4
Частота	2.66 ГГц
Процессор	64-битный
Частота шины	2500 МГц

Технологический процесс 45 нм

Процессоры Intel Core i5 автоматически распределяют вычислительную мощность туда, где она требуется больше всего. Процессоры данного типа удобно использовать в создании видео в формате HD, записи цифровой музыки, редактировании фотографий, а также в самых современных играх. Процессор Intel Core i5 имеет большие возможности для многозадачной работы.

Процессор Intel Core i7 имеет следующие параметры, которые являются входными данными для модели.

Материалы Silicon, PCB 12-layers. Тепловой источник VS Мощность 130W. Цели ГЦ Max температура.

Время нагрева 7с.

Core i7-950 Частота 3060 Сокет LGA 1366 Тепловыделение 130 (W- Ватты)

Частотные характеристики

Тактовая частота	3067 МГц
Системная шина	QPI
Коэффициент умножения	23
Напряжение на ядре	0.8 В

Ядро Bloomfield

Количество ядер 4

Техпроцесс 45 нм

Максимальная рабочая температура 90 °С

Напряжение на ядре 0.80В-1.375В

Процессор i7 является необходимым для если нужна высокая скорость обработки информации.

На первом этапе создания модели проводилось твердотельное моделирование объекта и была создана конструкция, состоящая из четырёх элементов, находящихся в корпусе. Твердотельное моделирование было проведено в САПР SolidWorks. SolidWorks содержит

высокоэффективные средства твердотельного моделирования, основывающиеся на постепенном добавлении или вычитании базовых конструктивных тел [1]. Эскиз для получения базового тела может быть построен на произвольной рабочей плоскости.

Типовые инструменты для получения базовых тел позволяют выполнить:

выдавливание заданного контура с возможностью указания угла наклона образующей;

- вращение контура вокруг оси;
- создание твёрдого тела, ограничиваемого поверхностью перехода между заданными контурами;
- выдавливание контура вдоль заданной кривой;
- построение фасок и скруглений различного вида;
- построение уклонов;
- создание различного типа отверстий;
- получение развёртки тел равномерной толщины.

Основные методы создания твёрдого тела сочетают в себе также возможность комбинации всех перечисленных способов как при добавлении материала, так и при его снятии [2].

Результаты твердотельного моделирования для двух процессоров приведены на рисунке 1[3].

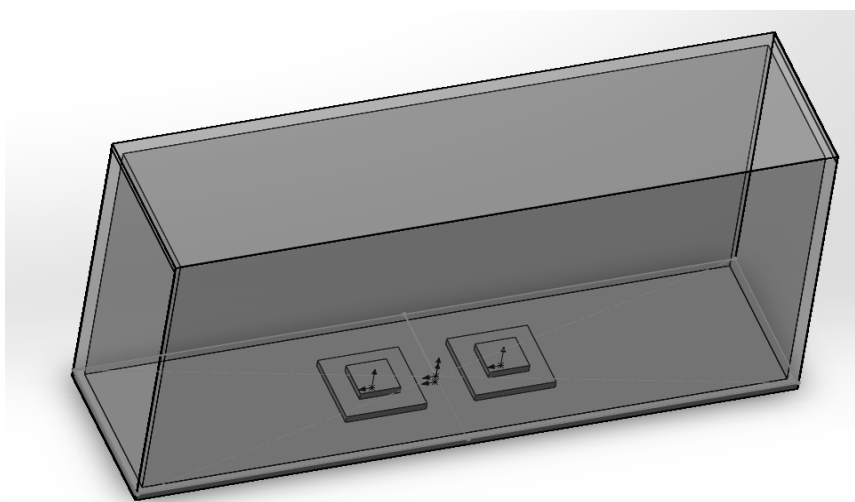


Рис.1. Детали в сборке.

При работе со сборкой, разработчик может по мере необходимости создавать новые детали, определяя их размеры и расположение в пространстве относительно других элементов сборки. Наложённые связи позволяют автоматически перестраивать всю сборку при изменении параметров любой из деталей, входящих в узел. Существует возможность контроля собираемости сборки. Для проектирования изделий, получаемых с помощью сварки, система позволяет выполнить объединение нескольких свариваемых деталей в одну.

Расчет температурного поля модели проводились в среде Flow Simulation. В качестве исходных данных были заданы следующие величины:

1. – граничные условия 3 рода на внешних стенках;
2. – начальная температура объекта;
3. - коэффициент теплоотдачи в окружающую среду;
4. - удельная мощность поверхностного тепловыделения через единицу площади;
5. - мощность тепловыделения через всю внешнюю поверхность модели.



Так же задаются параметры, влияющие на расчетную сетку и критерии завершения расчета, а значит, и на точность решения задачи.

Результаты расчетов для процессора: Intel Core i3, i5, приведены на рисунках 2, 3 и 4.

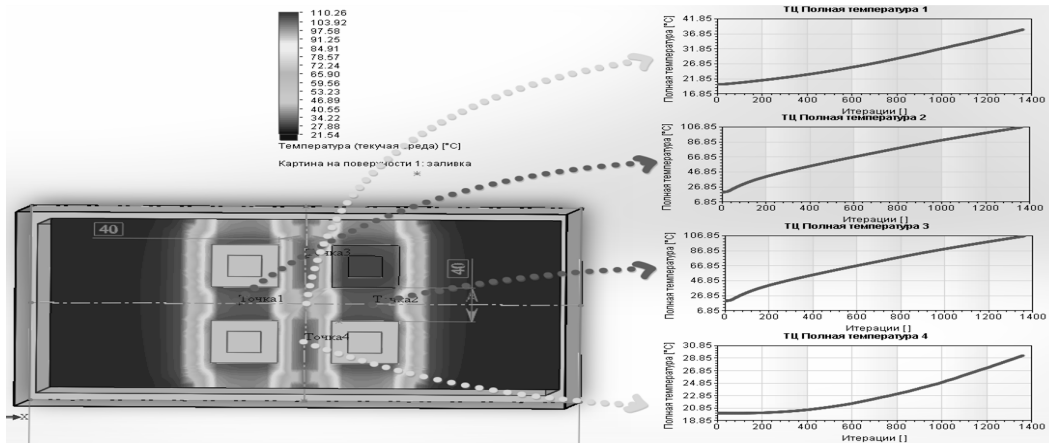


Рис.2 Температурное поле процессоров Intel Core i3 на расстоянии 30 мм.

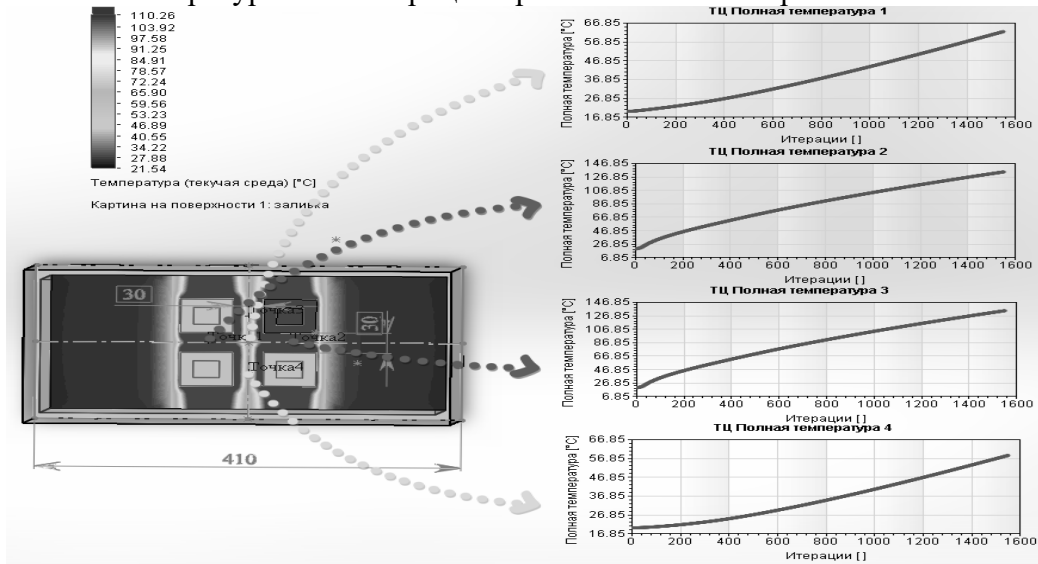


Рис.3 Температурное поле процессоров Intel Core i5 на расстоянии 30 мм.

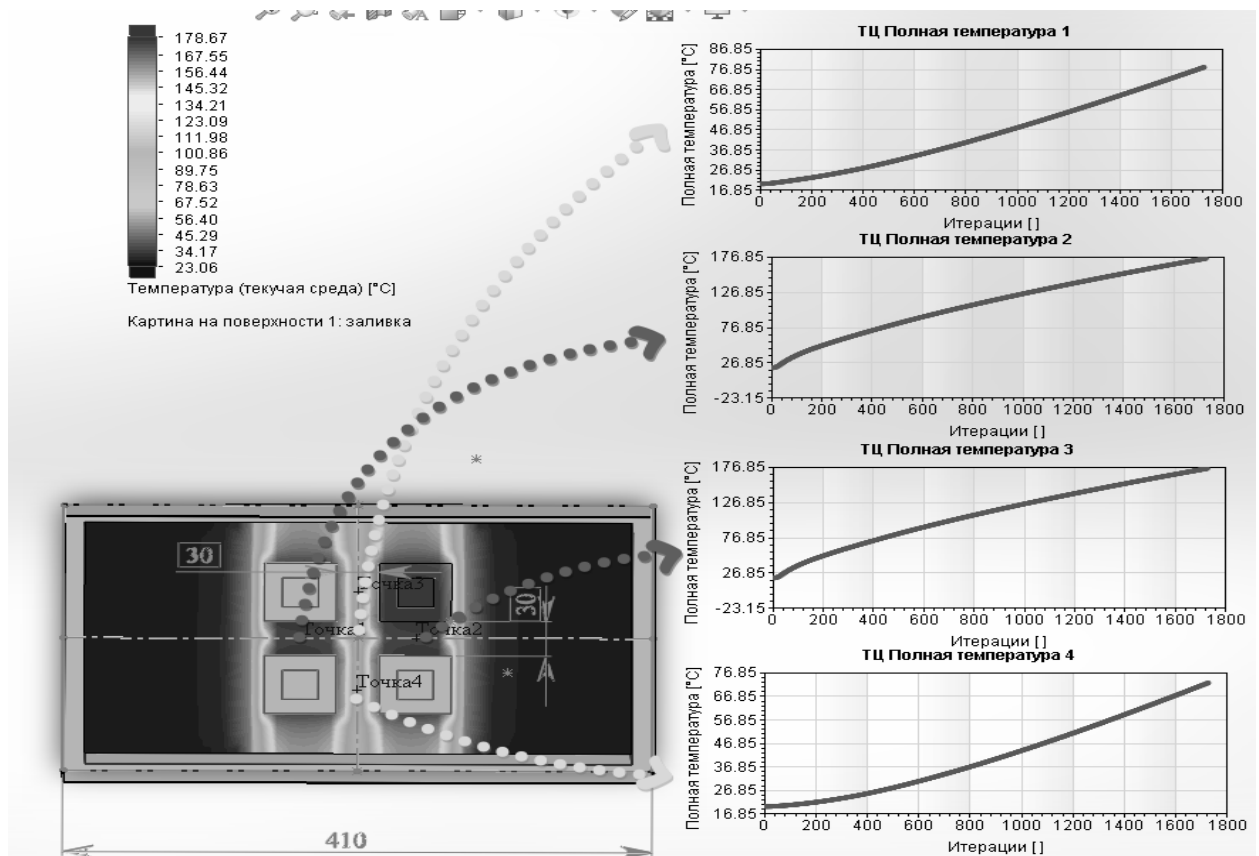


Рис.4. Температурное поле процессоров Intel Core i7 на расстоянии 30 мм.

Расчеты были проведены для процессоров, находящихся, на расстоянии 30, 40 и 60мм. В результате расчетов были построены графики изменения температуры между процессорами в зависимости от расстояния между ними, которые представлены на рисунке 5.

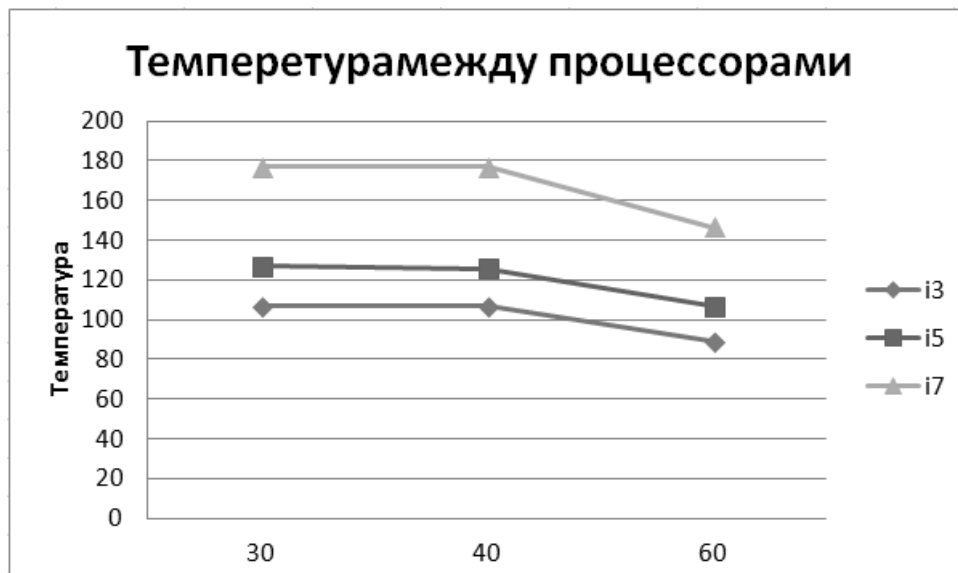


Рис.5. График изменения температуры влияния процессоров, друг на друга в зависимости от расстояния между ними: 1 - Intel Core i3, 2 - Intel Core i5, 3- Intel Core i7.

В результате проведенных численных экспериментов можно сделать вывод о том, что температура между процессорами на оси X выше, чем температура между процессорами на оси Y.

В результате проведенных численных экспериментов были получены номограммы изменения температуры между процессорами указанных типов в зависимости от расстояния между ними.

Такие номограммы могут быть полезны при тепловом проектировании радиоэлектронной аппаратуры.

Однако, данная методика может применена не только при проектировании радиоэлектронной аппаратуры. Например, её можно использовать при проектировании размещения различного тепловыделяющего оборудования в закрытых помещениях. Также её можно использовать при проектировании строительства жилых микрорайонов, производственных помещений и так далее.

#### ЛИТЕРАТУРА.

1. А. А. Алямовский, SolidWorks/Simulation Works Инженерный анализ методом конечных элементов.
  2. Дульнев Г.Н., Польщиков Б.Б. Тепловое моделирование электротехнических устройств //Инж. физ. журн., 1981, №6. – с. 1062-1069.
- Калинин Е.Н., Кузнецов В.Б., Корочкина Е. Е.О моделировании температурных полей процессоров в системах управления текстильного отделочного оборудования (статья). - Сборник материалов SMARTEX 2016, с.294-297

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ТРИБОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТКАНЕЙ В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ НЕИОНОГЕННЫХ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ\***

### **STUDY OF THE TRIBOLOGICAL PROPERTIES OF TISSUES IN AQUEOUS SOLUTIONS OF NEIONOGENIC SURFACE-ACTIVE SUBSTANCES\***

В.Б. Кузнецов, Е.Н. Калинин, О.В. Блинов  
V.B. Kuznetsov, E.N. Kalinin, O.V. Blinov

Ивановский государственный политехнический университет  
Ivanovo State Polytechnic University  
E-mail: kuznetsovtex@gmail.com, enkalini@gmail.com, oleg\_blinov@ro.ru

**В работе исследовано влияние водных растворов неионогенных поверхностно-активных веществ различной концентрации на изменение трибологических показателей тканей полотняного переплетения «Рогожка» и бязь «Стандарт».**

**Ключевые слова:** трибологические показатели, неионогенные поверхностно-активные вещества, ткань «Рогожка» суровая, ткань бязь «Стандарт», структура ткани, коэффициент трения текстильного материала.

**The paper investigates the effect of aqueous solutions of nonionic surfactants of various concentrations on the change in the tribological parameters of fabrics of plain weave "Rogozhka" and coarse calico "Standard".**

**Key words:** tribological indicators, non-ionic surfactants, "Rogozhka" fabric, harsh, coarse calico fabric "Standard", fabric structure, coefficient of friction of textile material.

Трибологические свойства текстильных материалов оказывают существенное влияние на процесс их обработки при движении по различным видам технологического оборудования, влияя в конечном итоге на качественные показатели готовых тканей.

В результате существенно осложняются возможности математического моделирования данного процесса [1] и, как следствие, перспективы создания эффективных средств автоматизации отделочного оборудования.

При этом на трибологические показатели тканей оказывают влияние различные факторы, а именно физико-механические характеристики суровых текстильных материалов и виды переплетения [2,3], а также наличие в рабочих растворах различных текстильных вспомогательных веществ. Среди применяемых текстильных вспомогательных веществ наибольшее распространение имеют поверхностно-активные вещества, имеющие смачивающее, эмульгирующее и диспергирующее действие и влияющие на изменение поверхностного натяжения рабочих растворов.

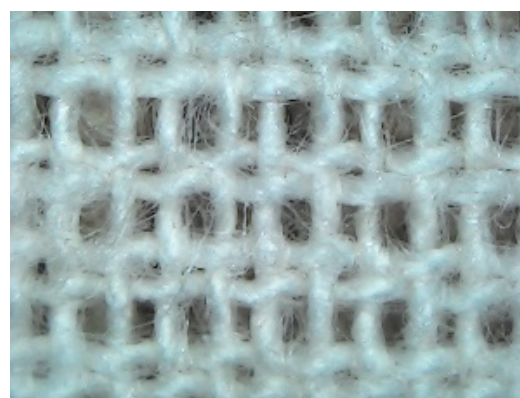
В настоящей статье изложены результаты исследований по влиянию водных растворов неионогенных поверхностно-активных веществ на изменение трибологических свойств текстильных материалов применительно к различным видам тканей. Выбор неионогенных поверхностно активных веществ обусловлен их широким распространением и эффективностью действия в различных технологических процессах.

В таблице приведены физико-механические характеристики тканей

Представленные данные свидетельствуют о том, что ткани имеют значительные отличия по физико-механическим показателям – в первую очередь по линейной плотности используемой пряжи, а также количеству нитей в основе и утке. Обе ткани имеют полотняное переплетение, но с разным размером ячеек образованных нитями основы и утка, что подтверждается микрофотографиями на рис.1.

Физико-механические характеристики тканей

Ткань	Линейная плотность, текс (№), основа / уток	Поверхностная плотность, г/м <sup>2</sup>	Число нитей на 10 см		Разрывная нагрузка полоски ткани размером 50×200 мм, кгс не менее	
			основа	уток	основа	уток
Бязь - Стандарт суровая	29 (34)/29 (34)	140	224	220	30	21
Рогожка суровая	29 (34)/50 (20)	164	220	175	37	44



а) б)  
Рис.1. Микрофотографии структуры ткани:  
а) рогожка; б) бязь – стандарт

Полученные результаты по трибологическим показателям исследуемых тканей, представленные на диаграмме рис.2, свидетельствуют, что для сухой суровой ткани «Рогожка» коэффициент трения практически в три раза выше, чем для суровой бязи «Стандарт». Это обусловлено видом уточной пряжи используемой для изготовления ткани, «Рогожка», которая имеет гораздо больший диаметр и более грубую поверхность, чем пряжа, из которой изготавливается бязь «Стандарт».

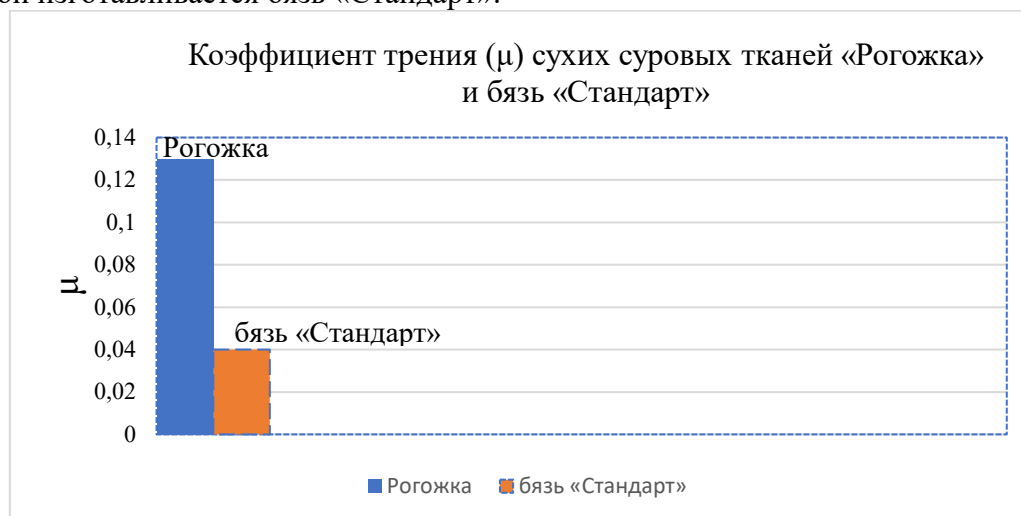


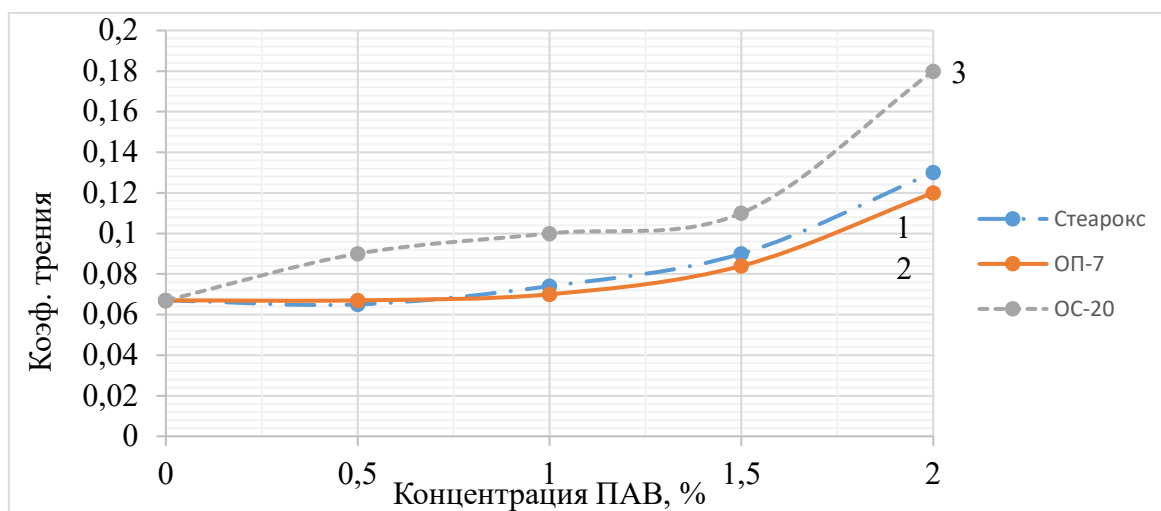
Рис. 2. Коэффициент трения ( $\mu$ ) сухих суровых тканей «Рогожка» и бязь «Стандарт»

Для проведения исследований среди ассортимента, имеющие неионогенных ПАВ были выбраны Стеарокс 6, ОП-7 и ОС-20, имеющие разное химическое строение и обладающие различной эмульгирующей способностью при образовании эмульсий типа «масло в воде».

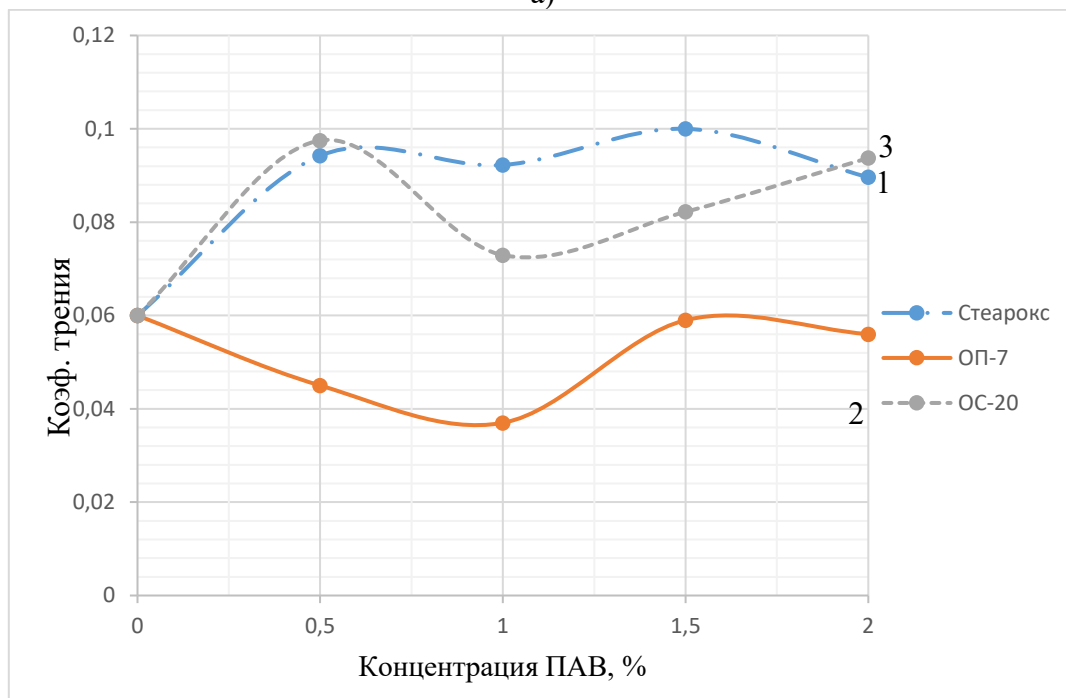
На рис.3 представлены графические зависимости влияния концентрации поверхностно-активных веществ на трибологические свойства ткани «Рогожка» суровая и ткани бязь «Стандарт» суровая.

Представленные результаты свидетельствуют о значительном изменении величины трения как, у ткани «Рогожка» суровая, так и ткани бязь «Стандарт». Причем это влияние тем больше, чем выше концентрация поверхностно-активного вещества.

Так для Стеарокс 6 и ОП-7, у ткани «Рогожка», коэффициент трения ткани примерно одинаков. В случае ОС-20 наблюдается существенное повышение величины коэффициента трения примерно на 50% при максимальной концентрации ПАВ.



а)



б)

Рис.3. Зависимость коэффициента трения ( $\mu$ ) от концентрации поверхностно-активных веществ

а) ткань «Рогожка»; б) бязь «Стандарт»  
1 - стеарокс-6; 2 - ОП-7; 3 - ОС-20

Следует отметить, что при малых концентрациях ПАВ (0,5 г/л) коэффициент трения ткани «Рогожка» практически не отличается от полученного при использовании воды. При увеличении концентрации ПАВ до 2 г/л коэффициент трения существенно возрастает в случае Стеарокса 6 и ОП-7 примерно в 2 раза, а в случае ОС-20 практически в 3 раза.

Несколько иная картина наблюдается для ткани бязь «Стандарт». Для Стеарокс 6 и ОС-20 происходит рост коэффициента трения примерно в 1,5 раза даже при концентрации 0,5 г/л. При дальнейшем увеличении концентрации Стеарокс 6 наблюдается незначительное колебание коэффициента трения в пределах 10%, снижаясь при концентрации 1,0 г/л и повышаясь на те же 10% при ее увеличении до 1,5 г/л. В случае ОС-20 отмечается резкое падения коэффициента трения примерно в 1,3 раза при повышении концентрации препарата до 1,0 г/л, а затем дальнейший рост практически до уровня, соответствующего концентрации препарата 0,5 г/л. При обработке ткани бязь «Стандарт» водными растворами ОП-7 наблюдается абсолютно противоположная картина. Сначала снижение коэффициента трения до минимума при концентрации препарата 1,0 г/л и затем его повышение до уровня, соответствующего коэффициенту трения для воды без поверхностно-активного вещества.

Вероятно, изменение трибологических показателей исследованных тканей обусловлено различной способностью поверхностно активных веществ к эмульгированию жировосков и набуханию волокнистой составляющей, влияющих на коэффициент трения текстильных материалов.

Исследовано влияние растворов поверхностно-активных веществ на трибологические свойства тканей «Рогожка» суровая и бязь «Стандарт» суровая. Показано, что использование водных растворов неионогенных ПАВ различной природы оказывает существенное влияние на изменение коэффициента трения текстильных материалов.

*\*Работа выполнена при поддержке Гранта РФФИ по проекту 20-43-370007 р\_а\_Ивановская область: «Развитие научных основ прогнозирования функциональных и конструкционных параметров, синтезируемых полимерных волокнистых композитных систем».*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. В.Т.Фомичев, А.В.Глазунов. // Математическое моделирование динамики однородной зоны транспортирования ткани с учетом сил трения. Изв.вузов. Техн.тект. пром-сти. 2003, №1, с.119-122.
2. Годлевский В.А., Блинов О.В., Калинин Е.Н., Кузнецов В.Б., Митронов Д.В. Исследование трибологических свойств текстильных материалов на трибометре ТАУ-1. Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник материалов X Всероссийской научно-практической конференции. ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России. г.Иваново, 2019. - с. 258-262.
3. Годлевский В.А., Кузнецов В.Б., Блинов О.В., Калинин Е.Н. Экспресс-метод анализа трибологических свойств текстильной структуры полимерного наполнителя с учётом факторов внешнего воздействия. физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (Smartex). Учредители: Ивановский государственный политехнический университет (Иваново) ISSN: 2413-6514. 2020 (№1), с 35-40.

## К ВОПРОСУ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ТЕРМООБРАБОТОК НА ГИДРОЛИТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЛИОКСАДИАЗОЛЬНЫХ ВОЛОКОН

### TO THE QUESTION OF RESEARCHING THE INFLUENCE OF HEAT TREATMENTS ON THE HYDROLYTIC PROPERTIES OF POLYOXADIAZOL FIBERS

Б.П. Макаров<sup>1</sup>, А.Ю. Матрохин<sup>2</sup>, М.П. Михайлова<sup>1</sup>  
B.P. Makarov<sup>1</sup>, A.Yu. Matrohin<sup>2</sup>, M.P. Mikhailova<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ООО "Научно-производственная фирма " Термостойкие изделия" (г. Мытищи)

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

<sup>1</sup>LLC Research and production firm heat-Resistant products (Mytischki)

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

E-mail: termiz@mail.ru, makarov.termiz@ya.ru

**В данной работе рассматриваем возможность получения арселеновой нити и волокна с повышенной устойчивостью к кислому гидролизу.**

**Ключевые слова:** волокна; арселон; гидролитическая устойчивость; термообработка.

**In this work, we consider the possibility of obtaining an Arselon thread and fiber with increased resistance to acid hydrolysis.**

**Key words:** fibers; arselon; hydrolytic stability; heat treatment

Отечественные волокна на основе полиоксадиазольных систем типа арселон приобретают практическое применение в ряде технических изделий (фильтрационные материалы, специальная одежда, покровные материалы), являясь импортозамещающими.

Ранее [1, 2] были приведены результаты комплексных исследований специальных свойств (термические характеристики, светостойкость, устойчивость к микроорганизмам) волокон оксадиазольного ряда, которые позволили установить их области и условия эксплуатации.

Широкое применение полиоксадиазольных материалов в народном хозяйстве требует наличия гидролитической устойчивости, т.е. они не должны разрушаться при воздействии влаги, кислых и щелочных сред.

Устойчивость указанных материалов к кислым средам при высокой температуре очень важна, так как одной из основных областей применения их является высокотемпературная фильтрация технологических газов, в состав которых очень часто входят пары неорганических кислот.

Проверку устойчивости арселеновых волокон к воздействию кислых сред проводили путем обработки нити 10% водным раствором серной кислоты при температуре 100<sup>0</sup>С с последующим определением прочностных свойств.

Известно, что хемостойкость нетермообработанной арселеновой нити и волокна очень низкая – при вышеуказанных условиях сохранение прочности составляет менее 20% от исходной. Это объясняется тем, что нетермообработанная арселеновая нить обладает высокой пористостью и наличием высоких сорбционных свойств, обусловленные строением их структуры. Гигроскопичность арселенового волокна составляет 25-26% [3, 4].

При этом химические реагенты могут легко проникать вглубь волокна и быстро разрушать его. Чтобы закрыть поры на поверхности волокна, точнее, повысить уплотнение упаковки за счет повышения степени ориентации макромолекул и повышения степени кристалличности, авторы применили процесс термообработки выше температуры стеклования полимера, которая для полиоксадиазольных волокон составляет примерно 334<sup>0</sup>С.



При исследованиях были применены два варианта термообработки: периодический процесс – прогрев в свободном состоянии и непрерывный процесс термообработки.

Для выбора режима термообработки арселеновой нити были проведены исследования гидролитических свойств ее в зависимости от способа термообработки, температуры и времени термообработки.

Результат термообработки жгута оценивали по величине гидролитической устойчивости, которую определяли, как величину остаточной прочности.

Непрерывный способ осуществляли в термокамере с продолжительностью пребывания жгута в термокамере в течение 2 сек.

Результаты зависимости гидролитической устойчивости приведены в таблице 1. Выбранный диапазон температур обусловлен высокой скоростью формования до 32 м/мин.

Таблица 1

Гидролитическая устойчивость арселеновых волокон при различных температурах

Температура термообработки	Гидролитическая устойчивость
480 <sup>0</sup> С	48-50,0%
500 <sup>0</sup> С	74,0%
520 <sup>0</sup> С	83,1%

Полученные данные однозначно показывают, что с увеличением температуры термообработки гидролитическая устойчивость полимеров данного класса повышается и достигает 83 %.

Однако по данным термогравиметрического анализа (ТГА) при температурах выше 500<sup>0</sup>С начинается термодеструкция полиоксиадиазольных волокнообразующих систем, что и подтверждается нижеприведенными результатами (таблица2).

Таблица 2

Данные ТГА арселеновых нитей

Температура термообработки	Удельная разрывная нагрузка	Удлинение при разрыве
480 <sup>0</sup> С	42,4 сН/текс	5,2%
500 <sup>0</sup> С	37,6 сН/текс	4,7%
520 <sup>0</sup> С	34,7 сН/текс	3,9%

Из приведенных данных следует, что обработка при температуре 480<sup>0</sup>С обеспечивает недостаточно высокую гидролитическую устойчивость до 50%.

Увеличение времени термообработки возможно только за счет увеличения длины самой термокамеры, что технически нерационально. Увеличение времени пребывания арселеновой нити в термокамере за счет снижения скорости термообработки не представляется возможным, т.к. скорость непрерывной термообработки должна соответствовать скорости формования непрерывным процессе.

Следует также отметить, что на результат термообработки в термокамере непрерывным способом существенно влияет влажность нити, с которой она поступает в термокамеру. Чем выше влажность нити, тем ниже степень термообработки.

В связи с этими выводами в исследованиях был применен второй вариант термообработки – периодический, где более широко можно варьировать время и температуру термообработки.

Подтверждение предположения о недостаточности термообработки арселенового жгута в термокамере были получены проведением дополнительной термообработки его периодическим способом.

Для этого жгут дополнительно прогрели при температуре 340<sup>0</sup>С в течение 60 мин. Температура 340<sup>0</sup>С была выбрана, исходя из величины температуры стеклования – примерно 334<sup>0</sup>С.

В результате гидролитическая устойчивость нити повысилась до 63,0%.

При этом повысились физико-механические характеристики: удельная прочность до 42,1 сН/текс, относительное удлинение до 4,5%.

Для выбора режима периодической термообработки волокна и нити арселон, были проведены исследования по изучению влияния времени термообработки и температуры термофиксации на физико-механические свойства волокна и нити, а в таблице 3 приведены данные по влиянию температуры на гидролитическую стойкость и прочность арселоновых нитей.

Таблица 3

Физико-механические характеристики нитей после термофиксации

Время термофиксации	Температура термообработки °С	Удельная разрывная нагрузка сН/текс	Удлинение при разрыве %	Гидролитическая стойкость %
25 мин	Исходное	31,7	11,9	17,1
	Термообработка- 2 мин при 480 ° С	-	-	45,0
	340	32,8	4,9	46,8
	350	32,9	4,6	58,4
	360	32,4	4,3	67,3

Как видно из данных, приведенных в таблице 3, увеличение температуры термофиксации приводит к повышению гидролитической устойчивости.

Продолжительность термофиксации может влиять на структурные характеристики т.е. образование более плотной упаковки макромолекул, повышенной степени их ориентации и повышенной степени кристалличности.

В таблицах 4,5 приведены данные, характеризующие зависимость физико-механических и физико-химических свойств арселоновых нитей от времени термообработки при различных температурах.

Таблица 4

Результаты влияния термофиксации на свойства арселоновых волокон

Температура термообработки	Время термообработки °С	Удельная разрывная нагрузка сН/текс	Удлинение при разрыве %	Гидролитическая стойкость %
340 <sup>0</sup> С	25	32,8	4,9	54,2
	60	39,5	6,8	74,4
	90	39,1	5,9	72,5

Как видно из данных, представленных в таблице 4, при термофиксации арселоновых нитей при температуре 340<sup>0</sup>С увеличение времени термофиксации приводит к повышению их гидролитической устойчивости на 50%. Однако, длительный процесс термообработки (более 60 минут) не приводит к дальнейшему увеличению этого показателя.

При этом следует отметить, что физико-механические показатели не снижаются.

В таблице 5 приводятся результаты исследования свойств арселоновых волокон после термофиксации при температуре 360<sup>0</sup>С.

Влияние времени термообработки на физико-механические свойства и гидролитическую устойчивость

Температура термообработки	Время термообработки °С	Удельная разрывная нагрузка сН/текс	Удлинение при разрыве %	Гидролитическая стойкость %
360 <sup>0</sup> С	15	36,1	8,3	47,5
	20	35,8	7,7	54,8
	25	35,9	4,2	73,8
	60	36,5	3,9	75,5

В этом случае повышение гидролитической устойчивости происходит за более короткое время. Физико-механические показатели нитей также не снижаются.

Таким образом, выяснено, что увеличение гидролитической устойчивости арселоновой нити происходит при увеличении времени термообработки как при температуре 340<sup>0</sup>С, так и при температуре 360<sup>0</sup>С, причем в обоих случаях была достигнута максимальная величина гидролитической устойчивости на уровне 75%.

Таким образом, для повышения гидролитической стойкости арселоновых нитей при непрерывном процессе термообработки рекомендуется увеличить длину термокамеры и контролировать влажность нити, поступающей в термокамеру.

При получении арселоновых волокон с повышенной гидролитической устойчивостью периодическим необходимо проводить термообработку и дополнительную термофиксацию при температуре 340-360<sup>0</sup>С в течение 30-60 минут.

## ВЫВОДЫ

- показана возможность достижения требуемого показателя гидролитической устойчивости термостойких волокон отечественного производства на основе полиоксадиазольных систем.
- установлены основные параметры термообработки полиоксадиазольных волокон непрерывным и периодическим способами.
- предложенные способы термообработки полиоксадиазольных волокон не влияют на физико-механические показатели исследованных волокон и позволяют расширить их области применения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Б.П.Макаров и др. "Влияние условий термообработки на физико-механические свойства волокна Арселон". Журнал Известия вузов, Иваново, 2020
2. «Влияние содержания растворителя в волокне Арселон на его прочность при термообработке», Макаров Б.П., XXIII Международный научно-практический форум «SMARTEX-2020», стр. 235, Иваново- 2020.
3. Перепелкин К.Е., Макарова Р.А., Сравнительная оценка термических характеристик нитей (полиоксадиазольных, полиимидных и полиарамидных). Химические волокна. 2004. №5, с. 45-48.
4. Перепелкин К.Е., Макарова Р.А., Оприц З.Г., Термические характеристики высокопрочных и термостойких ароматических нитей. Химические волокна. 2005, №5, с. 27-31.

## ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОЧНЫХ КЛЕЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ТЕКСТИЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ

### STUDY OF CONDITIONS FOR FORMATION OF STRONG ADHESIVE JOINTS OF TEXTILE PRODUCTS

Л.И. Бондаренко, О.В. Метелева  
L.I. Bondarenko, O.V. Meteleva

Ивановский государственный политехнический университет  
Ivanovo state polytechnical university  
E-mail: bondarenko.ivanovo@yandex.ru, olmet07@yandex.ru

Представлены результаты исследований параметров геометрии поверхности стекла, силиконизированной бумаги и их соединений с разработанным клеевым полимерным композитом, который предназначен для изготовления защитных швейных изделий. Исследования показали, что механизм перераспределения вещества клеевого слоя адгезива клеевого полимерного композита начинает работать под действием механического давления в соответствие с новой поверхностью субстрата. Доказано, что менее шероховатые поверхности образуют более прочные клеевые соединения при меньшем механическом давлении и в течение более короткого времени.

**Ключевые слова:** полимерный композит, адгезив, субстрат, шероховатая поверхность.

Researches results of surface geometry parameters of a glass, siliconized paper and their connections with the developed self-adhesive film material without basis are presented. This material is intended for production of protective garments. Researches have shown that glue connection creation on the basis of the developed glue material under the mechanical pressure the mechanism of a glue layer adhesive substance redistribution in compliance begins to work, when there is a substratum with a new surface. It is proved, that surfaces with smaller roughness parameters form stronger glue connections, when there are a smaller mechanical pressure and shorter time.

**Ключевые слова:** nanoprofilometer, self-adhesive film material without basis, surface relief, anti-adhesive carrier, glue connection, resistance to stratifying.

Широкий ассортимент материалов, различных как по составу, структуре, так и по свойствам применяют при изготовлении современных защитных швейных изделий. Это различные ткани, трикотажные и нетканые полотна, эластичные и неэластичные пленочные материалы, пленки и ткани с пленочным покрытием, прорезиненные материалы, искусственная кожа. Традиционный способ стачивания неэффективен для качественного соединения целого ряда материалов. Он характеризуется рядом недостатков: разрушение структуры пленок и пленочных покрытий материалов, снижение прочности и надежности швов, затруднение либо невозможность продвижения материала на швейной машине, нарушение герметичности швов. Клеевые, сварные и комбинированные соединения являются альтернативой ниточному соединению. Однако применение ниточно-клеевых и клеевых швов не распространено при изготовлении защитных швейных изделий, потому что отсутствуют необходимые клеевые материалы. Образцы новых клеевых полимерных материалов [1] и клеевая технология с их применением [2] разработаны для обеспечения защитных свойств швейных изделий.

Настоящее исследование имело цель изучение влияния поверхностных характеристик рельефа субстрата на формирование клеевого соединения материалов с применением разработанного клеевого полимерного композита.

Поверхности пластин лабораторного стекла, антиадгезионного носителя в виде силиконизированной бумаги и, соответственно, их соединений с клеевым полимерным композитом, а также адгезионная прочность соединений с курточной тканью с

полиуретановым покрытием (поверхностная плотность 108 г/м<sup>2</sup>, Корея), являлись объектами исследований. Клеевой полимерный композит имел толщину 0,18 мм и был использован для образования клеевых соединений. Склеивание осуществляли при нормальной температуре 20÷22°C, временном интервале (1÷2 секунд) и механическом давлении 30÷50 кПа.

Исследование геометрии (характеристик рельефа) поверхности материалов осуществляли с помощью нанопрофилометра модели 130 с управляющим компьютером (Россия), который предназначен для измерений параметров профиля и шероховатости по системе средней линии [3]. Его принцип действия основан на электрическом преобразовании за счет индуктивного датчика механических колебаний алмазной иглы при ее перемещении по неровностям исследуемой поверхности.

Испытания адгезионной прочности клеевых соединений (*Cp*) проводили методом определения прочности связи при отслаивании по методике, представленной в [4], на универсальной испытательной машине ИР 5081-10 с программно-техническим комплексом (Россия). Клеевой полимерный композит был получен на поверхности силиконизированной бумаги, которая выполняла функцию антиадгезива для клеящей поверхности. Композит отделяли от антиадгезионного слоя и закрепляли на поверхности стекла после исследований геометрии поверхности стекла и исходной силиконизированной бумаги, и самого композита на силиконизированной бумаге. Геометрию поверхности полимерного композита на стекле измеряли после наклеивания через 1 час и через 5 часов.

Согласно имеющимся представлениям о механизмах склеивания [5], [6] условия соединения клеевых материалов с другими материалами определяются макро- и микропроцессами. Макропроцессы направлены на формирование молекулярного контакта при сближении склеиваемых поверхностей на расстояния, достаточные для возникновения межфазных связей. Установлено, что максимальное взаимодействие проявляется в микроуглублениях на поверхности твердого тела.

Первой стадией адгезии является миграция больших молекул высокополимера адгезива к поверхности субстрата с помощью движения Броуна. Первая стадия хорошо описывается в рамках микрореологической теории. Согласно этой теории, формирование площади контакта зависит от процессов заполнения клеем неровностей поверхности субстрата. При этом важное значение для установления адгезии имеет соответствие структурных параметров адгезива и поверхности субстрата. Формирование зоны контакта между адгезивом и субстратом обусловлено смачиванием. Смачивание создает необходимые условия для адгезии: заполнение трещин, увеличение площади контакта. Это приводит к росту числа связей и адгезии в целом [3]. Смачивание твердой поверхности субстрата адгезивом должно обеспечивать вытеснение воздуха из зоны контакта и заполнение углублений поверхности субстрата.

Невозможен термин гладкая поверхность применительно к текстильным материалам в сравнении их с такими материалами, как стекло, металл. Мы можем только говорить о более шероховатых и менее шероховатых поверхностях, если определять текстильные материалы с меньшей шероховатостью как условно гладкие. На первом этапе научного исследования были выполнены измерения параметров рельефа поверхности указанных объектов. Характеристики геометрии исследованных поверхностей представлены в табл. 1.

Таблица 1

Показатели геометрии поверхности исследуемых объектов

Параметры геометрии поверхности, размерность	Численное значение параметра для исследуемых объектов				
	стекло	силиконизированная бумага	клеевой композит на силиконизированной бумаге	клеевой композит на стекле через 1 ч	клеевой композит на стекле через 5 ч
1	2	3	4	5	6
Средняя высота неровностей, мкм	1,60	57,0	27,2	70,0	16,2

Среднеарифметическое отклонение неровностей, мкм	0,112	11,3	5,85	25,1	3,43
--	-------	------	------	------	------

	1	2	3	4	5	6
Максимальная высота неровностей, мкм	3,12	67,3	42,6	231	32,9	
Средний шаг неровностей, мкм	5,83	241	1420	1570	441	
Средняя глубина впадин, мкм	0,742	25,1	14,1	109	11,2	
Максимальная глубина впадин, мкм	0,92	42,1	21,5	151	15,7	
Среднеарифметический наклон профиля, град.	6,23	15,0	2,55	7,37	1,98	
Плотность выступов, см-1	1710	41,5	7,03	6,36	22,7	

Нанопрофилограммы поверхности стекла, силиконизированной бумаги, клеевого композита на силиконизированной бумаге и на поверхности стекла, соответственно, представлены на рис. 1, а.

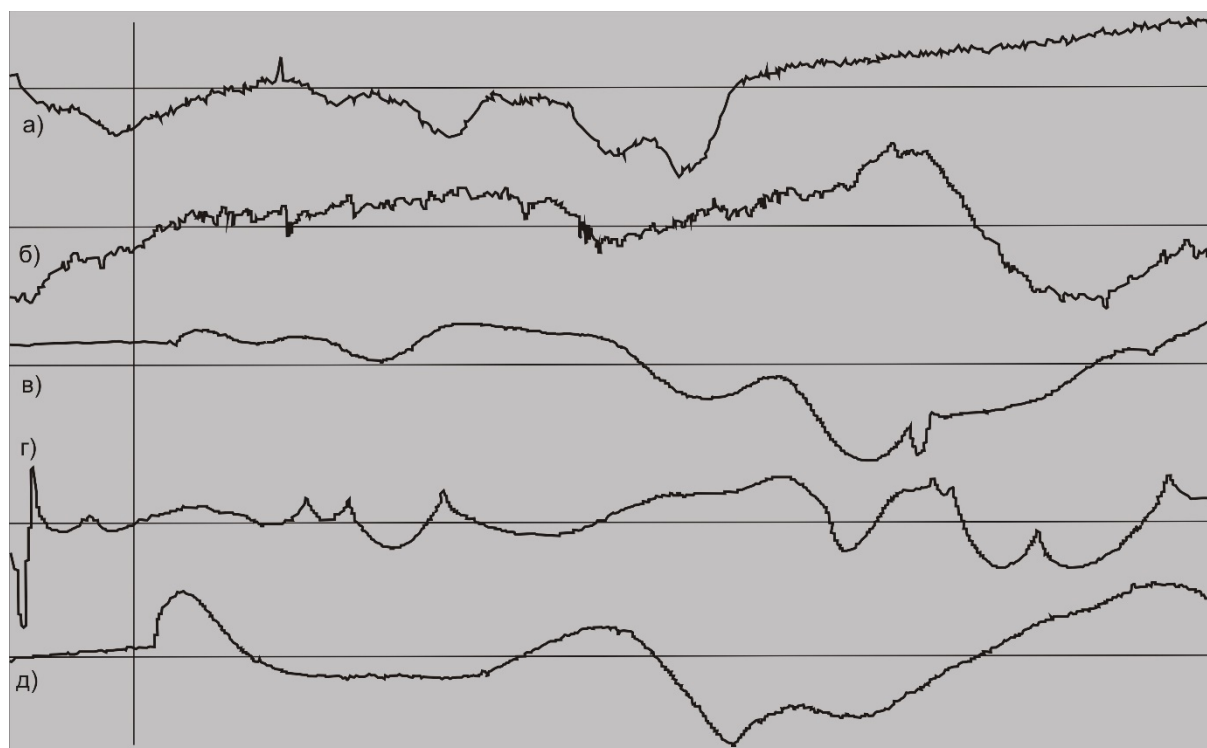


Рис. 1. Нанопрофилограммы поверхности исследуемых объектов:  
а) стекла; б) силиконизированной бумаги; в) силиконизированной бумаги, соединенной с клеевым композитом; г) клеевой композит на стекле через 1 час после наклеивания; д) клеевой композит на стекле через 5 часов после наклеивания

Измерения параметров рельефа показали, что стекло обладает минимальной шероховатостью из исследуемых объектов (рис. 1, а, табл. 1): средняя высота неровностей на стекле колеблется от 0,8 до 1,6 мкм, а максимальное значение высоты неровностей составляет от 0,9 до 3,3 мкм. Максимальная глубина впадин изменяется на разных образцах стекла от 0,5 до 1,7 мкм. Расстояние между дном впадин и максимумами выступов составляет  $1,4 \div 4,7$  мкм. Установлено, что силиконизированная бумага имеет более шероховатую поверхность (рис. 1, б, табл. 1): высота неровностей на поверхности силиконизированной бумажной основы превышает высоту неровностей на поверхности стекла на два порядка, т. е. примерно в 100

раз. Высота неровностей бумаги составляет от 57 до 72 мкм. Расстояние между максимальной высотой выступов и максимальной глубиной впадин изменяется от 109 до 152 мкм. Плотность выступов клеевого композита на стекле в 40-50 раз больше плотности выступов на поверхности силиконизированной бумажной основы: для стекла –  $2130 \div 1780 \text{ см}^{-1}$  и для силиконизированной бумажной основы –  $36 \div 61 \text{ см}^{-1}$ .

Как видно из сравнения нанопрофилограмм и параметров геометрии поверхностей бумажной основы до (см. рис. 1, б, табл. 1) и после размещения на силиконизированной бумаге полимерного композита (рис. 1, в, табл. 1) характеристики поверхности силиконизированной бумаги уменьшаются: плотность выступов снижается с  $36 \div 60 \text{ см}^{-1}$  до  $7 \div 11 \text{ см}^{-1}$ ; максимальное расстояние между выступами и впадинами тоже сокращается с  $130 \div 150 \text{ мкм}$  до  $50 \div 90 \text{ мкм}$  за счет того, что клеевой слой композита, растекаясь, несколько выравнивает шероховатую поверхность бумажной основы и заполняет неровности поверхности бумаги. Это значит, что после отделения от антиадгезионного носителя поверхность клеевого слоя повторяет рельеф поверхности бумаги.

Высота неровностей на поверхности клеевого композита, приклеенного к стеклу (рис. 1, а, табл. 1), составляет  $12 \div 20 \text{ мкм}$ , расстояние между максимальными выступами и максимальными впадинами –  $50 \div 85 \text{ мкм}$ . При сопоставлении параметров геометрии исходной поверхности стекла (рис. 1, а, табл. 1) и поверхности клеевого композита на стекле (рис. 1, г, табл. 1) установлено, что неровности на поверхности стекла в первый час измерений не оказывают решающего влияния на изменение рельефа поверхности клеевого композита, но геометрия его поверхности на стекле имеет параметры на порядок меньше, чем параметры бумажной основы.

Из исследования проб клеевого композита на стеклянных пластинах через 5 ч (рис. 1, д, табл. 1) обнаружены существенные изменения параметров геометрии его поверхности в сравнении с параметрами клеевого композита на стекле, измеренными через 1 ч (рис. 1, г, табл. 1). Эти отличия состоят в том, что у клеевого композита на стекле через 1 ч по сравнению с Расстояние от выступов до дна впадин клеевого композита на стекле через 5 ч уменьшилось с  $202 \div 382 \text{ мкм}$  до  $50 \div 85 \text{ мкм}$ . Плотность выступов поверхности клеевого композита на стекле через 5 ч также уменьшилась примерно в 5 раз, но их параметры в свою очередь имеют отличия (незначительные) от параметров, которые имел клеевой композит на антиадгезионном носителе. Плотность выступов стекла составляет  $1700 \div 2300 \text{ см}^{-1}$ , а на поверхности клеевого композита на стекле –  $8 \div 30 \text{ см}^{-1}$ . Все это может свидетельствовать о заполнении части впадин клеевым композитом. Результаты исследований полностью подтверждают предположение о перемещении массы клеевого слоя после склеивания по поверхности субстрата, его перераспределении по толщине в соответствии с рельефом поверхности субстрата.

Полученные экспериментальные данные хорошо согласуются между собой и не противоречат установленному факту, что адгезионная прочность определяется величиной истинной поверхности контакта, а также числом и энергией адгезионных связей, возникающих между склеиваемыми материалами [7]. Использование клея, находящегося постоянно в вязкотекучем состоянии, позволяет достигнуть постепенного увеличения площади контакта. При образовании клеевого соединения под действием механического давления запускается механизм перераспределения массы клеевого слоя в соответствии с новой поверхностью, приведенной в контакт с клеевым композитом.

Установлено экспериментально, что более сильная адгезия проявляется для гладких и плотных поверхностей субстрата [8] при образовании соединений клеевого композита с текстильными материалами. Очевидно, поверхность текстильного материала может быть значительно сглажена со стороны пленочного покрытия при большой толщине покрытия.

Исследования клеевых соединений двух поверхностей текстильного материала с разным рельефом поверхности (условно гладкой – со стороны пленочного покрытия и шероховатой с лицевой стороны тканевой основы) с клеевым композитом экспериментально подтвердили, что формирование площади контакта при использовании разработанного

клеевого материала зависит от процессов заполнения клеем неровностей поверхности субстрата (рис. 2).

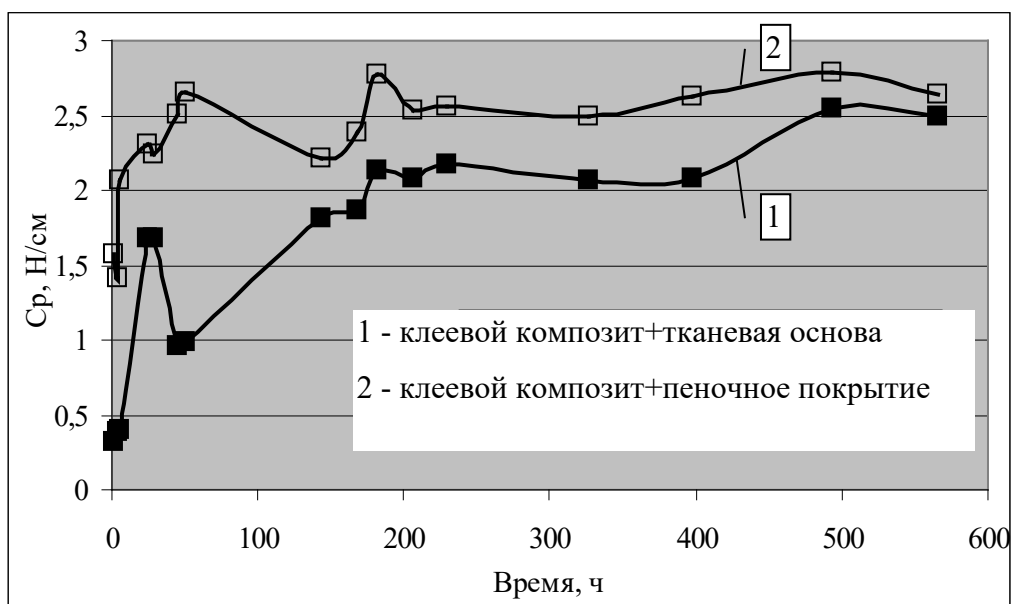


Рис. 2. Изменение  $S_p$  клеевых соединений «Клеевой композит + ткань с полиуретановым покрытием» во времени

Однако, использование клеевого композита с более тонким клеевым слоем (в работе толщина клеевого слоя – 0,18 мм) приводит к получению клеевых соединений с меньшей адгезионной прочностью. Пленочное покрытие изнаночной поверхности ткани неравномерное, поэтому адгезионной прочности клеевых соединений  $S_p$  имеет очень большую амплитуду колебаний во времени. При этом со временем не происходит заметного повышения прочности соединения из-за недостаточности объема клея в клеевом слое. Однако, уменьшение толщины клеевого слоя не приводит к уменьшению времени формирования прочного клеевого соединения, время формирования прочного клеевого соединения определяется развитостью рельефа поверхности, со стороны которой происходит приклеивание клеевого композита. Чем более шероховатой является поверхность материала, тем меньше  $S_p$  после прекращения воздействия механического давления и дольше происходит формирование прочного клеевого соединения. Для достижения более высоких значений  $S_p$  клеевых соединений необходимо использовать композит с клеевым слоем большей толщины [9], [10]. Поэтому целесообразно увеличение давления и продолжительности его воздействия в процессе склеивания с материалами, имеющими развитый рельеф поверхности. Повышение толщины клеевого слоя до рациональной величины позволит при этом повысить  $S_p$  полученных соединений вне зависимости от вида поверхности.

Сведения о параметрах геометрии поверхностей различных материалов в значительной степени позволяют прогнозировать потенциальную прочность будущего клеевого соединения. Использование полимерного композита с клеевым слоем разной толщины и оптимальных параметров склеивания позволит регулировать прочность клеевого соединения и обеспечить требуемую герметичность ниточно-клеевых соединений.

#### Выводы

Доказано, что при образовании клеевого соединения полимерного клеевого композита и текстильного материала под действием механического давления запускается механизм перераспределения вещества клеевого слоя адгезива в соответствие с новой поверхностью субстрата.

Установлено, что время формирования прочного клеевого соединения после его образования не зависит от толщины клеевого слоя композита, но определяется видом



поверхности субстрата (рельефом текстильной основы, толщиной полимерного покрытия на ткани).

Показано экспериментально, что начальное значение адгезионной прочности клеевых соединений, степень ее увеличения в процессе существования клеевого соединения зависят от вида и состояния поверхности, соединяемой с клеевым композитом, и толщины клеевого слоя.

Доказано, что поверхности с меньшими по величине параметрами шероховатости образуют более прочные клеевые соединения при меньшем по величине механическом давлении и в течение более короткого времени.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Пат. 2506296 РФ. Многослойный клеевой материал. МПК G09J 7/02; B32B 27/00; B32B 27/28 / Покровская Е.П., Метелева О.В., Бондаренко Л.И., Савченко Т.С., Зайцева Н.Н. – Заявитель и патентообладатель Ивановский гос. политех. университет. – № 2012107518/05; заявл. 28.02.2012; опубл. 10.02.2014. – Бюл. № 4.
2. Пат. 2379394 РФ. Безниточный шов для герметичного соединения материалов. МПК D05B 35/00 / Метелева О.В., Сурикова М.В., Бондаренко Л.И., Коваленко Е.И. – Заявитель и патентообладатель Ивановский гос. политех. университет. – №2008128888/12; заявл. 14.07.2008; опубл. 20.01.2010. – Бюл. № 2
3. ГОСТ 25142-82. Шероховатость поверхности. Термины и определения. – Введен 01.01.1983. - М.: Издательство стандартов, 1987. – 22 с.
4. ГОСТ 17317-88. Кожа искусственная. Метод определения прочности связи между слоями (с изменением № 1). – М.: Издательство стандартов, 1988. – 8 с.
5. Каган, Д. Ф. Многослойные комбинированные пленочные материалы / Д. Ф. Каган, В. Е. Гуль, Л. Д. Самарина. – М.: Химия, 1989. – 288 с.
6. Ященко, Л.Н. Высокоэффективные адгезивы на основе полифункциональных олигомеров / Л.Н. Ященко, Т.Т. Тодосийчук, Ю.С. Липатов, Г.Н. Кривченко, В.Ф. Бабич, Л.Н. Перепелицина // Пластические массы. – 2006. – № 6. – С. 27-30.
7. Зимон, А. Д. Что такое адгезия : серия «Наука и технический прогресс» / А.Д. Зимон. – М: Наука, 1983. – 176 с.
8. Сурикова, М.В. Соединение защитных материалов при использовании самоклеющегося пленочного материала / М.В. Сурикова, О.В., Метелева, Е.И. Коваленко // Изв. вузов. Технология текстильной пром-сти. – 2013. – Том 347. – № 5. – С. 101-104.
9. Петрова, А.П. Клеящие материалы : справочник / А. П. Петрова; под ред. Е. Н. Каблова, С. В. Резниченко. – М.: ЗАО Редакция журнала «Каучук и резина», 2002. – 340с.
10. Самоклеющиеся материалы – современное направление в отрасли переработки пластмасс // Пластические массы. – 1999. – № 10.

## ОГНЕЗАЩИТНАЯ ТКАНЬ ДЛЯ СПЕЦ ОДЕЖДЫ

### FIRE PROTECTIVE FABRIC FOR SPECIAL CLOTHING

Н.Д. Набиев<sup>1</sup>, Ф.С. Усманова<sup>1</sup>, А.С. Рафиков<sup>1</sup>, М.А. Абдукаримова<sup>1</sup>,  
Ф.Н. Нуркулов<sup>2</sup>, И.А. Набиева<sup>1</sup>  
N.D. Nabiyeв<sup>1</sup>, F.S. Usmanova<sup>1</sup>, A.S. Rafikov<sup>1</sup>, M.A. Abdugarimova<sup>1</sup>,  
F.N. Nurkulov<sup>2</sup>, I.A. Nabiyeva<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности, Республика Узбекистан

<sup>2</sup>ООО “Ташкентский научно-исследовательский институт химической технологии”,  
Республика Узбекистан

<sup>1</sup>Tashkent Institute of Textile and light Industry, Republic of Uzbekistan

<sup>2</sup>LLC “Tashkent Scientific Research Institute of Chemical Technology”, Republic of Uzbekistan

E-mail: nabiyev\_nabijon@mail.ru

Произведена огнезащитная обработка хлопчатобумажной ткани азот и фосфорсодержащим олигомерным антипиреном, а также антипиреном фирмы Bezema СНТ – Аpyrol CEP – органическим фосфонатом с добавлением ортофосфорной кислоты. Для повышения огнезащитных свойств и устойчивости ткани к стирке олигомерная композиция смешана с меламинам. Исследовано влияние концентрации ортофосфорной кислоты, продолжительности обработки огнезащитной композицией, температуры и продолжительности термообработки на огнезащитные и физико-механические свойства тканей. Проведены испытания по определению высоты возгорания при действии открытого пламени, времени остаточного горения и времени тления образца после снятия огневого воздействия. Смеси Аpyrol CEP: меламинам при соотношении 1:0,1 и олигомерный антипирен: меламинам – 1:1 имеют устойчивые огнезащитные свойства.

**Ключевые слова:** антипирен, азот и фосфорсодержащий олигомер, обработка, огнезащитная ткань;

A fire-retardant treatment of cotton fabric with nitrogen and a phosphorus-containing oligomeric flame retardant, as well as a flame retardant company Bezema SNT - Apyrol CEP - organic phosphonate with the addition of orthophosphoric acid was carried out. To increase the flame retardant properties and resistance of the fabric to washing, the oligomeric composition is mixed with melamine. The effect of the concentration of orthophosphoric acid, the duration of treatment with a fire-retardant composition, temperature and duration of heat treatment on the fire-retardant and physical-mechanical properties of fabrics has been investigated. Tests were carried out to determine the height of ignition under the action of an open flame, the time of residual combustion and the time of smoldering of the sample after the removal of the fire effect. Mixtures Apyrol CEP: melamine at a ratio of 1: 0.1 and oligomeric flame retardant: melamine - 1: 1 have stable fire-retardant properties.

**Keywords:** fire retardant, nitrogen and phosphorus oligomer, processing, flame retardant fabric;

Для придания огнезащитных свойств текстильным материалам производят обработку ткани растворами различных антипиренов, которые препятствуют распространению пламени при зажигании ткани. Наиболее простой способ – обработка их различными растворимыми в воде неорганическими соединениями на основе фосфатов, сульфатов, хлоридов, бромидов и карбонатов аммония, а также различных смесей буры и борной кислоты. Для придания огнестойкости целлюлозные ткани модифицировали фосфорсодержащими органическими и неорганическими замедлителями горения. В качестве целлюлозного материала использовали суровую хлопчатобумажную ткань арт. 210, поверхностной плотности 110 г/м<sup>2</sup>, которую подвергали предварительному кипячению с целью удаления шлихты и улучшения смачиваемости. Исследования позволили установить эффективные параметры модификации ткани и последующей термообработки [1 с. 14-16].

Для повышения огнестойкости хлопчатобумажных тканей предложено обработка их композициями на основе мочевины и дигидрофосфата аммония [2 с. 726-734], составами из полигексаметиленгуанидин-фосфата и полифосфата аммония [3 с. 3341-3354]. Также для

придания огнестойкости текстильным материалам из целлюлозных волокон предлагается нанокремнезем [4 с. 2825-2835]. Нанокремнезем является синергетическим агентом, повышающим огнестойкость вспучивающихся замедлителей горения волокнистых полимерных материалов.

Сотрудниками Ташкентского института текстильной и легкой промышленности исследован процесс огнезащитной отделки смесевой ткани технического и бытового назначения составом на основе фосфорной кислоты и мочевины, предложен технологический режим для проведения процесса. Теоретически и экспериментально обосновано влияние фосфорной кислоты на процесс придания огнезащитных свойств хлопко-нитроновой смесевой ткани. Разработана теория совмещения процессов малоусадочной и огнезащитной отделки. На основе полученных экспериментальных результатов рекомендована технология и составы для малоусадочной и огнезащитной отделки смесевой ткани [5 с. 109].

В процессе огнезащитной обработки хлопчатобумажного полотна происходит этерификация целлюлозы с ортофосфорной кислотой, что приводит к повышению устойчивости полимера к термическому расщеплению [6 с. 27-31]. При этом, одновременно кислота способствует частичному гидролизу целлюлозы, что приводит к снижению ее механической прочности. Для нейтрализации кислоты в пропиточную ванну добавляли аммиак, который одновременно является ингибитором возгорания целлюлозы. Изучалось влияние концентрации ортофосфорной кислоты, мочевины и жидкого аммиака на огнезащитные свойства композиции. Определены высота и время обугливания ткани после удаления ее от источника огня. Минимальная высота возгорания материала достигнуто после термической обработки при температуре 120<sup>0</sup>С и 10 мин.

Трудногорючие текстильные материалы образуются в случае обработки хлопчатобумажной ткани композицией, содержащей коллаген, полиакриламид, борную кислоту, мочевины и персульфат калия [7 с. 2470-2474]. Происходит прививка коллагена и полиакриламида посредством персульфата калия, они выполняют функцию связующего и огнезащитных компонентов, борная кислота и мочевина также выполняют функцию огнезащитных компонентов.

Последнее время в текстильной химии особое внимание уделяется экологической устойчивости и поиска альтернативных огнезащитных решений в процессах заключительной отделки текстильных материалов. Также рассматриваются возможные роли микро- и нано-обработки поверхности волокон и их развитие с использованием таких методов, как плазменная технология [8 с. 377-392]. Одним из способов лучшей защиты горючих материалов от возгорания является использование антипиренов на основе бора [9 с. 403-404]. Однако, использование антипиренов, содержащих в своем составе борной кислоты, приводит к снижению прочности на разрыв и белизны [10 с. 706-710]. Кроме того, из-за их токсичности эти антипирены внесены в список стойких органических загрязнителей [11 с/ 1-12]. Поиск новых экологически безвредных антипиренов является актуальной задачей. Целью данной работы является исследование процесса огнезащитной обработки хлопчатобумажной ткани новыми азот и фосфорсодержащими антипиренами.

**Материалы методы исследования.** Объектом исследования является ткань хлопчатобумажная отбеленная – поверхностная плотность – 197 г/м<sup>2</sup>, разрывная нагрузка – 674 Н, удлинение – 73 %. Фосфор и азотсодержащий олигомерный антипирен, и его композиция с меламином при массовом соотношении 1:1 предоставлен Ташкентским научно-исследовательским институтом химической технологии. Меламин представляет собой термореактивную смолу, изготовлен из меламина и формальдегида. Также исследован антипирен фирмы *Bezema СНТ* (Швейцария) – *Apyrol CEP* – органический фосфонат, жидкость, прозрачная или слегка желтоватая, слабо катионная, рН- показатель 10 %-ного раствора: 4,5 – 6,0

Для получения огнестойких хлопчатобумажных тканей необходимое количество огнезащитных отделочных растворов отмеряли с помощью мерной колбы и перемешивали с водой до достижения желаемой концентрации. Эксперименты проводились с обоими

антипиренами параллельно. Компоненты тщательно перемешивали до образования однородной эмульсии без включений, комочков и не диспергированных частиц. Композицию наносили на текстильный материал в пропитывающей ванне. Пропитанный текстильный материал проходит через отжимные валики со степенью отжима до 90-100%, сушится в сушильном шкафу, далее подвергается термической обработке. Термическая обработка осуществляется в течение 2-3 минут при температуре 150-160<sup>0</sup>С.

Разрывная нагрузка и разрывное удлинение текстильных материалов определялось в сертификационной лаборатории ТИТЛП на установке AG-1 «Shimadzu». Для определения огнестойкости ткани из образца обработанного материала вырезали пять элементарных проб размером 50x200 мм. Элементарные пробы выдерживали в стандартных атмосферных условиях в течение 24 ч. Измеряли высоту пламени горелки, которая должна быть 40-50 мм. Элементарную пробу вводили в пламя горелки таким образом, чтобы нижний край пробы погрузился на 20 мм в пламя, одновременно включая секундомер. Время выдерживания пробы в пламени - 30 с. По истечении заданного времени выдерживания в пламени пробу выводили из зоны огня. С помощью секундомера фиксировали длительность остаточного горения и тления пробы после вынесения её из пламени. В протоколе испытаний отмечали результаты проведенных испытаний: - длительность остаточного горения пробы, с; - длительность остаточного тления пробы, с; - длину обугленного участка пробы, см. Огнезащитной считается ткань, которая после удаления из пламени не горит и не тлеет.

**Обсуждение результатов.** По прогнозам в ближайшем будущем спрос в волокнистых материалах будет удовлетворяться как за счет наращивания объема выпуска химических нитей, так и заменой традиционных видов новыми материалами с улучшенными потребительскими свойствами [12, с. 35 – 39, 13 с. 120- 145]. Даже сейчас в текстильной индустрии Германии технический текстиль занимает более 50% оборота, в США – 40%, в Китае – 30% и ему обеспечен дальнейший рост, т.к. технический прогресс предлагает новые области применения. Защита человека от различных негативных факторов является первостепенной задачей и в этой области технический текстиль занимает особое место. Текстильные материалы являются определённым источником опасности во время пожаров, так как способствуют распространению пламени и при горении выделяют большое количество дыма и газов.

С целью снижения горючести хлопчатобумажного материала мы осуществляли огнезащитную модификацию органическим фосфонатом производства фирмы Vezema СНТ – Аруrol CEP, а также фосфор и азотсодержащей олигомерной композицией – замедлителем горения методом плюсования. При использовании в качестве антипирена Аруrol CEP плюсовочный раствор кроме основного вещества содержит катализатор – 85%-ную фосфорную кислоту, сшивающего агента - Tubicoat fixing agent НТ на основе меламиновой смолы. Для повышения смачиваемости обрабатываемой ткани использовали поверхностно-активного вещества Kollasol CDO.

Результаты определения огнезащитных свойств образцов ткани после отварки представлены в таблице 1.

Таблица 1

Огнезащитные свойства образцов ткани

Аппреты*	Огнестойкость		Высота обугливания, мм
	Остаточное горение, с	Остаточное тление, с	
Олигомерная композиция	40	4	120
Аруrol CEP	25	1	85

\*Фосфорная кислота 15 г/л, плюсование 10 с. Термообработка: 180<sup>0</sup>С, 3 мин.

Для достижения требуемых огнезащитных свойств изучалось влияние переменных факторов на качество огнезащитных свойств образцов ткани. Кроме того для повышения

сорбции препаратов проводили двукратную пропитку. Получены зависимости высоты возгорания материала от концентрации фосфорной кислоты (рис.1).

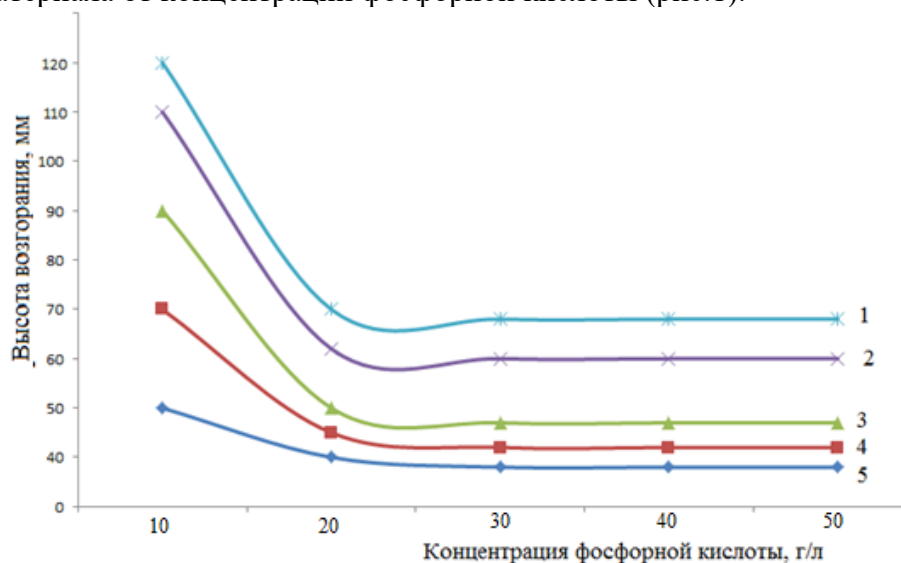


Рис. 1. Засимость высоты возгорания материала от концентрации фосфорной кислоты (Apyrol CEP). Продолжительность однократной пропитки аппретом Apyrol CEP, с: 1 – 5; 2 – 10; 3 – 15; 4 – 20; 5 – 25. Продолжительность термообработки 3 мин., температура - 180<sup>0</sup>С.

Как видно из рис. 1 увеличение концентрации фосфорной кислоты и продолжительности пропиток приводит к снижению высоты возгорания материала. Однако, повышение концентрации фосфорной кислоты более 20 г/л не приводит к существенным изменениям огнеупорности исследуемых образцов. Ответственной частью процесса обработки антипиренами является продолжительность и температура процесса термообработки, так как качество защитной пленки, образующейся на поверхности ткани, зависит от них.

Для повышения огнестойкости произведена обработка хлопчатобумажной ткани олигомерной композицией в сочетании с меламинам в соотношении 1:1 (рис. 2).

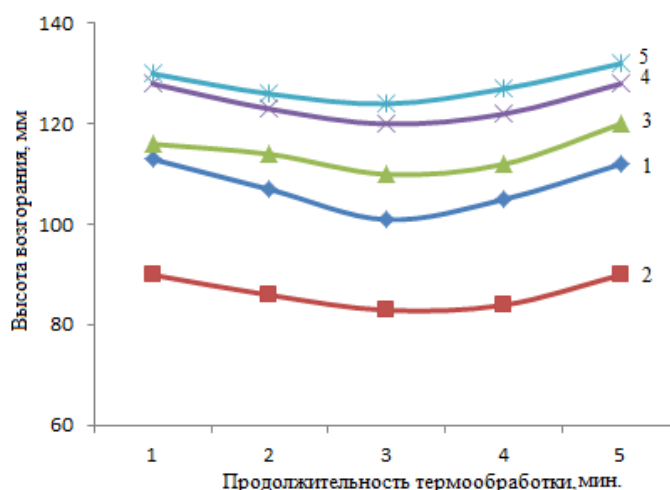


Рис. 2. Зависимость высоты возгорания материала от температуры и продолжительности термообработки аппретированных тканей с олигомерной композицией и меламинам. Температура термообработки, <sup>0</sup>С: 1 – 120; 2 – 140; 3 – 160; 4 – 180; 5 – 200.

Плюсование антипиреном двукратное по 25 с.

Из приведенных экспериментальных данных выявлено, что включение в состав композиции меламина способствовала снижению высоты возгорания. Обычно меламинам

используется для сшивки с алкидными, эпоксидными, акриловыми и полиэфирными смолами, используемыми в поверхностных покрытиях. Этим объясняется улучшение огнестойкости образцов ткани.

Образцы тканей, обработанных препаратами олигомерный антипирен : меламина и Арурол СЕР, проверяли на огнестойкость, как до стирки, так и после стирки. Огнезащитные свойства опытных образцов тканей оценивали, как по показателю огнестойкости, так и по высоте обугливания образца. Полученные результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2

Огнезащитные свойства опытных образцов тканей

Огнезащитные свойства	Арурол СЕР : меламина – 1:0,1		Олигомерный антипирен : меламина – 1:1	
	до промывки	после промывки	до промывки	после промывки
Остаточное горение, с	Отсутствует	отсутствует	1	1
Остаточное тление, с	Отсутствует	отсутствует	1	1
Высота возгорания, мм	40	40	82	110

Из приведенных данных видно, что соотношение огнезащитная способность антипирена Арурол СЕР значительно выше, чем олигомерного антипирена. Добавление меламина в оба антипирена делают материалы устойчивыми к стирке. Чаще всего огнезащитные свойства тканям придают на заключительной стадии отделки – аппретировании. Как известно огнезащитные ткани в основном используются в пошиве спецодежды для различных отраслей производства, и они должны соответствовать требованиям по прочностным показателям. Физико-механические свойства тканей, подвергнутых огнезащитной отделке, изменяются в зависимости от применяемого препарата. Отделка препаратом олигомер: меламина в соотношении 1:1 снижает разрывную нагрузку ткани на 5-10%, а препарат импортного производства на 5-7%.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бешапошникова В.И., Микрюкова О.Н., Лебедева Т.С., Бешапошникова Н.В. Модификация целлюлозных тканей замедлителем горения афламитом KWB // Перспективные полимерные композиционные материалы. Альтернативные технологии. Переработка. Применение. Экология: Докл. 7 Межд. конф. «Композит–2016», Энгельс, 2016. -С.14-16.
2. Fang Fei, Xiao Dezhi, Zhang Xian, Meng Yuedong, Cheng Cheng, Bao Chao, Ding Xin, Cao Hang, Tian Xingyou. Construction of intumescent flame retardant and antimicrobial coating on cotton fabric via layer-by-layer assembly technology // Surface and Coat. Technol. -2015. -276. - P.726-734.
3. Fang Fei, Tong Bin, Du Tianxiang, Zhang Xian, Meng Yuedong, Liu Xianglan, Tian Xingyou. Unique nanobrick wall nanocoating for flame-retardant cotton fabric via layer-by-layer assembly technique // Cellulose. -2016. -23. -№5. -P.3341-3354.
4. Grancaric Ana Maria, Botteri Lea, Alongi Jenny, Malucelli Giulio. Synergistic effects occurring between water glasses and urea/ammonium dihydrogen phosphate pair for enhancing the flame retardancy of cotton // Cellulose. -2015. -22. -№4. -P.2825-2835..
5. Н.Д. Набиев, Ф.С. Усманова, А.С. Рафиков. Эффективный способ огнезащитной отделки смесовых тканей. Инновационные направления развития науки о полимерных волокнистых и композиционных материалах: тез. докл. международ. науч. конф. / С.-Петербург. гос. ун-т промышленных технологий и дизайна. – СПб.: ФГБОУВО «СПбГУПТД», 2020. – 109 с.

6. Набиев Н.Д., Рафиков А.С. Разработка технологии огнестойкой отделки смесовой ткани. Вестник науки и образования № 13(49) 2018. С.27-31.
7. Nabiev N., Md. Raju A., Rafikov A., Quan H. Extraction of collagen from cattle skin and synthesis of collagen based flame retardant composition and introduction into cellulosic textile material by graft copolymerization // Asian Journal of Chemistry. -2017, -V. 29, №11. P. 2470-2474. <https://doi.org/10.14233/ajchem.2017.20776>
8. A. Richard Horrocks, Flame retardant challenges for textiles and fibres: New chemistry versus innovatory solutions, Polymer Degradation and Stability, Volume 96, Issue 3, March 2011, Pages 377-392.
9. Akarslan, F. //Investigation on fire retardancy properties of boric acid doped textile materials //Acta Physica Polonica A, Volume 128, Issue 2, August 2015, Pages 403-404.
10. Xie, K., Gao, A., Zhang, Y. //Flame retardant finishing of cotton fabric based on synergistic compounds containing boron and nitrogen // Carbohydrate Polymers, Volume 98, Issue 1, 2013, Pages 706-710
11. Sharkey M. Harrad S., Abou-Elwafa Abdallah M., Drage D.S., Berresheim H. // Phasing-out of legacy brominated flame retardants: The UNEP Stockholm Convention and other legislative action worldwide //Environment International, Volume 144, November 2020, No. 106041.
12. Перепелкин, К.Е. Основные закономерности и тенденции развития процессов получения химических волокон. Взгляд в следующее столетие // Доклады междунар. конф. по химическим волокнам «Химволокна -2000» 16-19 мая 2000 г. Тверь, 2000 - С. 35 - 39.
13. Джонсон, Т. Спрос и производство волокна в последствиях «Азиатского кризиса» // Доклады межд. конф. по хим. волокнам «Химволокна 2000» 16-19 мая 2000 г. Тверь, 2000 - С. 120- 145.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПАВ В ПРОЦЕССАХ КОЛОРИРОВАНИЯ ЦЕЛЛЮЛОЗНОПОЛИЭФИРНЫХ ТКАНЕЙ

### THE USE OF SURFACTANTS IN THE PROCESSES OF COLORING CELLULOSEPOLYESTER FABRICS

О.И. Одинцова, А.А.Липина,И.А. Муравьев,  
М.Д. Ильичева, А.Ф. Алехина,Е.С. Власкина  
O.I. Odintsova, A.A. Lipina, I.A. Muravyev,  
M.D. Ilyicheva, A.F. Alyokhina, E.S. Vlaskina

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

**Изучены важнейшие свойства ПАВ: пенообразующая, смачивающая способности, устойчивость в высоко-щелочной среде. Исследовано влияние ПАВ на технические результаты колорирования целлюлознополиэфирных тканей смесями дисперсных и активных красителей.**

**Ключевые слова: поверхностно-активные вещества, крашение, устойчивость окрасок к физико-химическим воздействиям, дисперсные красители.**

**The most important properties of surfactants, such as foaming ability, wetting ability, stability in a highly alkaline environment, were studied. The effect of surfactants on the technical results of coloring cellulosepolyester fabrics with mixtures of dispersed and active dyes was studied.**

**Keywords: surfactants, dyeing, resistance of dyes to physical and chemical influences, dispersed dyes.**

Наиболее яркий пример улучшения физико-механических свойств текстильных материалов из хлопка – это смешение их с полиэфирными волокнами. Последние повышают разрывную нагрузку, устойчивость к истиранию и формоустойчивость, а хлопок снижает пиллингообразование, повышает сорбционную способность, влагопоглощение и делает изделия из смеси этих волокон более комфортными в носке [1,2]. Использование смеси волокон позволяет улучшить потребительские свойства тканей, но вызывает большие трудности при колорировании. Проблема крашения ткани из смеси волокон заключается в том, что различные волокна окрашиваются красителями разных классов. Даже в том случае, если оба волокна окрашиваются красителями одного класса и при этом требуют одинаковых условий (среды, температуры) крашения, часто бывает достаточно трудно получить одинаковую насыщенность или одинаковый тон окраски на волокнах [3-5]. Для повышения крашиваемости очень часто прибегают к использованию веществ, эффективно влияющих на степень сольватации активных центров волокна и частиц красителя (молекул или ионов) в красильном растворе. Направленное протекание сольватационных процессов в системе волокно-краситель в присутствии наиболее подходящего для данной системы текстильного вспомогательного вещества позволяет добиться положительного эффекта одновременно как в части крашиваемости волокна, так и в достижении высокой равномерности окраски. Применение поверхностно-активных веществ является одним из путей интенсификации термозольной технологии за счет увеличения выхода красителя на волокно при использовании простого состава для крашения [6-7].

Цель исследования заключалась в изучении свойств новых ПАВ (пенообразующей и смачивающей способностей, устойчивость в высоко-щелочной среде) и оценке эффективности их влияния на технические результаты колорирования целлюлознополиэфирных тканей.



В качестве объектов исследования в работе использованы новые поверхностно-активные вещества, синтезированные в лаборатории ООО «Заволжская химическая компания»г. Заволжск, которые относятся к производным сульфэтоксилатов.

На первом этапе исследования была проведена оценка свойств ПАВ, таких как устойчивость в щелочном растворе, пенообразующая и смачивающая способность.

Процесс пенообразования играет негативную роль в технологии крашения текстильных материалов. Реализация процессов колорирования текстильных материалов по непрерывной технологической схеме характеризуется высокой скоростью обработки, способствующей пенообразованию, поэтому при составлении технических моющих средств необходимо исследовать и учитывать пенообразующую способность ПАВ. Низкая пенообразующая способность (табл. 1), при незначительной устойчивости пены, характерна для анионактивных ПАВ (Эмпол С-10 и Эмпол 12). При обработке текстильных материалов часто используются щелочные реагенты, поэтому необходимо определить устойчивость ПАВ в щелочных растворах. Приведенные данные в таблице 1 показывают, что максимально устойчив к действию щелочей Эмпол С-3 и Эмпол 4 (до 150 г/л).

Таблица 1

Оценка общих свойств ПАВ

Наименование ПАВ	Устойчивость к щелочи, г/л	Пенообразование, см <sup>3</sup>	Устойчивость пены, % (через час)	Смачивающая способность, сек.
Синтанол БВ	до 50	90	6,5	6,7
Эмпол С-3	до 150	140	22	8,07
Эмпол 4	до 150	150	2,7	6,48
Эмпол 8	до 100	148	0,68	6,83
Эмпол 10	до 100	130	3,1	7,38
Эмпол С-10	до 100	100	2	7,65
Эмпол 12	до 100	90	1,1	8,25

В процессах крашения текстильных материалов из смеси натуральных и синтетических волокон явление смачивания играет важную роль. Минимальное время смачивания хлопчатобумажных тканей обеспечивает использование Эмпол 4, являющегося производным сульфэтоксилатов (табл. 1). Важнейшими факторами, определяющим эффективность крашения текстильных материалов, является устойчивость получаемых окрасок к физико-химическим обработкам и равномерность окраски текстильного материала. Влияние ПАВ на технические результаты колорирования целлюлознополиэфирных тканей смесями дисперсных и активных красителей представлен в табл. 2-4.

Таблица 2

Влияние ПАВ на технические результаты крашения хлопкополиэфирногопоплинадисперснымфиолетовым К в смеси активным фиолетовым 4К

Наименование ПАВ	Степень миграции, %	Изменение интенсивности окраски, %	Устойчивость к	
			стирке №2	Поту
Без ПАВ	6,3	-	4/3	4/3
Эмпол С-3	2,8	46,8	4/3,5	4/4
Эмпол 4	1,3	19,2	4/4	4/4
Эмпол 8	8,5	4,2	4/4	4/3,5
Эмпол 10	2,8	25,1	4/4	4/4
Эмпол С-10	8,8	55,6	4/3,5	4/3,5
Эмпол 12	2,3	55,6	4/4	4/3

Таблица 3

Влияние ПАВ на технические результаты крашения хлопкополиэфирной саржи дисперсным красным 6С.

Наименование ПАВ	Степень миграции, %	Изменение интенсивности окраски, %	Устойчивость к	
			стирке №2	Поту
Без ПАВ	19,9	-	4/3	4/3
Эмпол С-3	22,8	65,8	4/3,5	4/3,5
Эмпол 4	3,5	90,3	4/4	4/4
Эмпол 8	17,7	55,8	4/4	4/4
Эмпол 10	10,9	55,8	4/4	4/4
Эмпол С-10	20,6	90,3	4/3,5	4/3,5
Эмпол 12	14,7	77,3	4/4	4/4

Таблица 4

Влияние ПАВ на технические результаты крашения хлопкополиэфирного сатина дисперсным фиолетовым К в смеси с активным фиолетовым 4К.

Наименование ПАВ	Степень миграции, %	Изменение интенсивности окраски, %	Устойчивость к	
			стирке №2	поту
Без ПАВ	19,9	-	4/3	4/3
Эмпол С-3	22,8	70,1	4/3,5	4/3,5
Эмпол 4	3,6	40,8	4/4	4/4
Эмпол 8	17,8	33,4	4/4	4/4
Эмпол 10	10,9	14,3	4/4	4/4
Эмпол С-10	20,7	59,2	4/3,5	4/3,5
Эмпол 12	14,8	70,2	4/4	4/4

Проведенные исследования показали целесообразность и эффективность использования нового поверхностно-активного вещества Эмполо 4 для повышения интенсивности, равномерности окраски и снижения степени миграции дисперсных красителей различного химического строения. При колорировании хлопколавсановых тканей смесью дисперсных и активных красителей интенсивность окраски образцов несколько выше при использовании данного препарата и характеризуется более высокой устойчивостью окраски к физико-химическим обработкам.

### ВЫВОДЫ

1. Исследованы свойства новых ПАВ, являющиеся производными сульфэтоксилатов с различной степенью оксиэтилирования (Эмпол С-3, Эмпол 4, Эмпол 8, Эмпол 10, Эмпол С-10, Эмпол 12). Показано: максимальной пенообразующей способностью при незначительной устойчивости пены обладает Эмпол 4 и Эмпол 8; минимальным временем смачивания характеризуется Эмпол 4; максимально устойчив к действию щелочей Эмпол С-3 и Эмпол 4, что обусловлено их химическим строением.

2. Показана перспективность применения Эмполо 4 в качестве эффективного антимигранта и интенсификатора, позволяющего достигать наряду с максимальной ровнотой окраски целлюлознополиэфирных текстильных материалов повышения степени полезного использования дисперсных красителей.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Переволоцкая, В.К., Леонова, Н.А. Крашение льняных материалов с помощью прямых красителей и новых бесформальдегидных закрепителей // Рос.хим. ж.2002. Т. XLVI.№2. С. 47-51.
2. Сафонов, В.В. Современные направления в химической технологии текстильных материалов // Текстильная промышленность.2002. № 4. С. 21-24.
3. Цоллингер, Г. Химия азокрасителей.- М.: Госхимиздат, 1960. – 332 с.
4. Мельников, Б.Н.,Блиничева И.Б. Теоретические основы технологии крашения волокнистых материалов. -М.: Легкая индустрия, 1978. – 249с.
5. Мельников Б.Н.,Морыганов П.В. Применение красителей. -М.: Легкая индустрия, 1971. – 264с.
6. Смирнова С.В., Леднева И.А., Мельников Б.Н., Кочергин А.Б. Влияние лигносульфонатов на состояние хромовых красителей в растворе //Текстильная химия. 1998. № 2.С. 28-32.
7. Jonsson, B.,B. Lindman, K. Holmberg Surfactant and Polymers in Aqueous Solution // John Wiley & Sons Ltd., Chichester, England. 1998.P. 2-133.

## КРАШЕНИЕ НАТУРАЛЬНОГО ШЕЛКА ПРЯМЫМИ И АКТИВНЫМИ КРАСИТЕЛЯМИ В ПРИСУТСТВИИ БИОПОЛИМЕРА

### DYE OF NATURAL SILK WITH DIRECT AND ACTIVE DYES IN THE PRESENCE OF BIOPOLYMER

К.М.Расулова<sup>1</sup>, И.А. Набиева<sup>1</sup>, К.М. Исмаилова<sup>1</sup>,  
Ш.Ш. Худойбердиев<sup>2</sup>, Н.Р. Вохидова<sup>2</sup>  
K.M. Rasulova<sup>1</sup>, I.A. Nabieva<sup>1</sup>, K.M. Ismailova<sup>1</sup>,  
Sh.Sh. Khudoiberdiev<sup>2</sup>, N.R. Vokhidova<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности, Республика Узбекистан

<sup>2</sup>Институт химии и физики полимеров Академии наук Республики Узбекистан, г. Ташкент

<sup>1</sup>Tashkent Institute of Textile and Light Industry, Republic of Uzbekistan

<sup>2</sup>The Institute of Chemistry and Physics of Polymers of the Academy of Sciences  
of the Republic of Uzbekistan, Tashkent

E-mail: kumush.rasulova@mail.ru, niroda@bk.ru, 6166401@gmail.com

Изучена возможность применения полиэлектролитных комплексов на основе хитозана и коллагена в процессах крашения натурального шелка активными и прямыми красителями. Установлено, что обработка ткани биополимерными соединениями способствует к повышению насыщенности и интенсивности окраски с изменением координат  $a^*$  и  $b^*$ . Обнаружено, что обработка ткани с растворами поликомплексов обеспечивает прочность окраски при окрашивании прямыми красителями.

Ключевые слова: биополимер, хитозан *Bombyx mori*, коллаген, интенсивность окраски, активные и прямые красители.

The possibility of using polyelectrolyte complexes based on chitosan and collagen in the processes of dyeing natural silk with active and direct dyes has been studied. It was found that the treatment of tissue with biopolymer compounds increases the saturation and intensity of color with a change in coordinates  $a^*$  and  $b^*$ . It was found that the processing of fabrics with solutions of polycomplexes provides color strength when dyed with direct dyes.

Key words: biopolymer, *Bombyx mori* chitosan, collagen, color intensity, active and direct dyes.

Переработка и создание полимерных материалов является одним из развивающихся направлений химической промышленности. Особенно актуальным является использование возобновляемых, биосовместимых и биоразлагаемых, нетоксичных биополимеров. Источниками таких биополимеров могут быть переработанные отходы текстильной промышленности (целлюлоза, кератин, фиброин) [1, с.89-90, 2, с.121-122] и отходы пищевой и косметической промышленностей (хитин, хитозан, коллаген, кератин и др.). В настоящее время полиэлектролитные комплексы на основе хитозана широко изучаются и систематизируются, несмотря на то, что этот класс соединений привлекает внимание исследователей в связи с широким спектром их применения [3, с.854-869].

Хитозан (ХЗ) считается перспективным полимером для текстильной промышленности благодаря своему биосовместимости, экологической безопасности и уникальными сорбционными свойствами [4, с.1-15]. Учёными института химии и физики полимеров Академии наук Республики Узбекистан разработана безотходная технология извлечения хитозана *Bombyx mori*, позволяющая сохранять структурное состояние хитина, выделяемого из куколок тутового шелкопряда [5]. Получение различных производных ХЗ, в частности, полиэлектролитных комплексов (ПЭК) на основе ХЗ:коллагена из-за наличия заряженных функциональных групп создает широкие возможности их применения в текстильной технологии в процессах крашения.

В качестве объектов исследования выбраны шелковая креповая ткань «Крепдешин» Арт. 11107, состоящая из 100% натурального шелка. Степень белизны 76%. Коллоидные растворы ПЭК получены из хитозана *Bombyx mori* и коллагена, выделенного из кожсырья крупного рогатого скота. Молекулярная масса хитозана составляла  $198 \times 10^3$ , степень полимеризации 86%.

Для крашения шелковой ткани использовали красители активный желтый (Bezaktiv Yellow S-LF) и прямой желтый (Tubantin Yellow GR) фирмы «BEZEMA CHT Switzerland AG». Карбонат натрия  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , по ГОСТ 83-79, Сульфат натрия  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  по ГОСТ 4166-76, ПАВ – Cottoclarin ОК, неионогенный, фирмы Pulcra chemicals.

*Крашение активным красителем.* После обработки ткани растворами ПЭК крашение ткани натурального шелка проводили по периодическому способу. Крашение проводили при модуле ванны  $M=30:1$  в красильной ванне содержащей 3% от массы исследуемого материала активного красителя и 40 г/л  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  при температуре  $40^\circ\text{C}$  в течение 60 минут, затем температуру доводили до  $80^\circ\text{C}$  и при этой температуре продолжали крашение ещё 20 минут. После чего в красильную ванну добавили щелочного агента - 10 г/л  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  и красили 40 минут. Затем промывка в теплой, горячей и холодной воде и промывка в растворе ПАВ (2 г/л) при кипении в течение 10 минут для удаления незафиксированного красителя.

*Крашение прямым красителем.* В воду, нагретую до температуры  $300^\circ\text{C}$ , вводили красителя в количестве 2% от массы ткани, 10% от массы ткани глауберовой соли и 3% уксусной кислоты (30%-ный). Модуль ванны 50. Крашение начинали при температуре  $400^\circ\text{C}$  и в течение 20 мин температуру поднимали до  $900^\circ\text{C}$  и красили при этой температуре в течение 45 мин и в остывающем растворе еще 15 мин. После крашения образец промывали теплой и холодной водой, проводили оживку в растворе уксусной кислоты.

Исследование степени изменения цветовых характеристик полотен после крашения проводили на лабораторном спектрофотометре X-Rite Ci7800 (Корея) согласно методике [6, с.79] в стандартном излучение  $D_{65}$ , который рекомендуется при измерении цвета люминесцирующих образцов, поскольку распределение потока излучения УФ-части его спектра нормировано [7, с.251-252]. Настольный спектрофотометр X-Rite нового поколения Ci7800 позволяет одновременно точно измерять координаты цвета и уровень блеска Самой распространенной формулой определения цветовых характеристик является рекомендуемая Международной комиссией по освещению (МКО) (с французского Commission internationale de l'éclairage – CIE) формула CIELAB, [8, с.14.]. Мокрую обработку трикотажных материалов проводили в соответствии с ISO 6330:2012 «Textiles - Domestic washing and drying procedures for textile testing»

В рамках данного исследования изучена возможность использования биполимерного соединения на основе хитозана и коллагена в процессах крашения натурального шелка активными и прямыми красителями. Изучено влияние состава ПЭК ХЗ:коллаген на интенсивность цвета шелковых тканей, окрашенных прямыми красителями по периодическому способу (таблица 1).

Таблица 1

Зависимость интенсивности образцов шелковой ткани от состава ПЭК ХЗ/коллаген

Состав ПЭК, масс.%	Коэффициент отражения, R	Интенсивность окраски, K/S
Контрольный образец (без обработки)	32	0,7
ХЗ:колл=20:80	26	1,1
ХЗ:колл=50:50	22	1,4
ХЗ:колл=80:20	24	1,2

Интенсивность окрасок на волокнистых субстратах рассчитывали с использованием уравнения Гуревича-Кубелки-Мунка по коэффициенту отражения (1), который получен на лабораторном спектрофотометре X-Rite Ci7800.

$$\frac{K}{S} = \frac{[1-0.01R]^2}{2 \cdot [0.01R]} \quad (1)$$

Полученные экспериментальные данные показывают о целесообразности применения соотношения полимеров 50:50, т.к. обработка натурального шелка в данном растворе способствует увеличению интенсивности окраски почти в два раза. Это связано с тем, что в водных щелочных растворах натуральный шелк приобретает отрицательный заряд, который затрудняет подход анионов прямых красителей к волокну. Для компенсации отрицательного поверхностного заряда волокна в красильный раствор вводят электролит. Использование ПЭК ХЗ:коллаген, по-видимому, способствует изменению поверхностного заряда волокна с отрицательного на положительный заряд, что способствует эффективному взаимодействию анионов красителя к волокну.

Известно, что прямые красители дают непрочных окрасок в насыщенных тонах к мокрым обработкам вследствие образования межмолекулярных связей между активными центрами макромолекулы волокнистого материала. В связи с чем, нами была изучено влияние биополимерного соединения на прочностные показатели окрашенного материала (таблица 2).

Таблица 2

Влияние соотношений хитозана и коллагена на прочность окраски образцов шелковой ткани

Состав ПЭК, масс.%	Прочностные показатели, балл	
	к мылу	к трению
Хитозан:коллаген 20:80	4/4/4	5/4
Хитозан:коллаген 50:50	4/5/5	5/4
Хитозан:коллаген 20:80	4/4/4	5/4
Контрольный образец (без обработки)	3/2/2	3/3

Обработка шелковой ткани с исследуемыми растворами ПЭК ХЗ/коллаген способствует увеличению прочности окраски образцов, окрашенных прямым красителем без последующей упрочнением окраски после крашения. Возможно, это связано с тем, что обработка натурального шелка с природными полимерами способствует увеличению локальных функциональных групп волокна вступающих в межмолекулярное взаимодействие с молекулами красителя.

Авторами было установлено, что создание дополнительного капиллярного пространства хитозаном и дополнительной сорбцией жидкости в результате набухания пленки хитозана происходит увеличение полного капиллярного объема, который приводит к увеличению количества поглощаемой жидкости текстильным материалом в единицу времени, что свидетельствует об улучшении ее смачиваемости [8, С. 48-52]. В связи с чем, нами было исследовано влияние обработки ткани биополимерным соединением на продолжительность процесса крашения (рис.1).

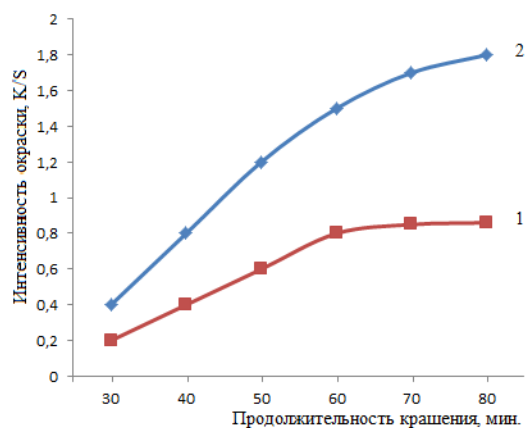


Рис. 1. Влияние обработки ткани биополимерным соединением на продолжительность процесса крашения. 1-крашение без обработки биополимерным соединением. 2- крашение после обработки биополимерным соединением

При использовании в процессах крашения шелковой ткани прямым красителем биополимерного соединения для получения окрасок одинаковой интенсивности потребуется наименьшее время, нежели в процессах крашения без обработки, что можно объяснить созданием дополнительного капиллярного пространства биополимерным соединением и дополнительной сорбцией жидкости в результате набухания хитозан: коллагеновой пленки.

Обычно прямые красители для шелковых ткани используются при получении светлых тонов. В настоящее время для крашения натурального шелка широко используются активные красители. Достоинствами активных красителей кроме высокой прочности окрасок к мокрым обработкам являются широкая гамма цветов, яркость и чистота оттенков, хорошая воспроизводимость окрасок, недостатками - трудности при промывке.

На следующем этапе данного исследования изучено возможность применения биополимерного соединения в процессе крашения шелковой ткани активным красителем. Изучено влияние соотношения двух полимеров на колористические показатели натурального шелка, окрашенного активным красителем периодическим способом в щелочной среде (табл.3).

Таблица 3

Зависимость колористических показателей образцов шелковой ткани от состава ПЭК ХЗ/коллаген

Состав ПЭК, масс.%	Колористические показатели					
	R	L*	a	b	C	h*
Контрольный образец (без обработки)	46	81,48	0,26	35,47	35,47	89,59
ХЗ:колл=20:80	38	78,59	1,72	40,96	41,00	87,60
ХЗ:колл=50:50	37	78,90	2,21	43,82	43,87	87,12
ХЗ:колл=80:20	24	72,77	9,19	54,21	54,99	80,37

Для удобной систематизации различных характеристик цвета и подбора гармоничных сочетаний цветов используются системы цветовых кругов и цветовая модель L.a.b. Подобно географическим координатам - долготе, широте и высоте - значение цвета L\*, a\* и b\* дают возможность определять местонахождение цвета и передавать информацию о нём. Координата L\* характеризует светлоту, координата a\* - содержание красного или зеленого цвета, координата b\* - содержание желтого или синего цвета. В этом пространстве цвет может также определяться полярными координатами C\*, h\*, где C\* - насыщенность цвета, h\* - цветовой тон.

Результаты свидетельствуют, что насыщенность цвета (C) окрашенной ткани натурального шелка активным красителем была выше в образце, обработанном

биополимерным соединением с массовым соотношением ХЗ:колл=80:20 масс.%, чем в остальных образцах. В этом образце цветовой тон ( $h^*$ ) окраски чистый, коэффициент отражения (R) наименше, что свидетельствует об более интенсивности окраски. Значения светлоты ( $L^*$ ) обработанных тканей значительно снизились, что подтвердило темноту образцов. Из анализа полученных результатов следует, что обработка с хитозан/коллагеновым соединением приводит к изменению координат цвета во всех образцах, т.е. координата  $a^*$  сдвигается в сторону красного, а координата  $b^*$  перемещается с синего в сторону желтого, что способствовало получению ярких и насыщенных цветов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. А.И. Сусанин, Е.С. Сашина. Утилизация отходов биополимеров для получения сорбционно-активных материалов. «Современные достижения химической технологии в производстве текстиля, синтеза и применения химических продуктов и красителей». Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием. СПбГУПТД. Санкт-Петербург, Россия. 2019.
2. I.A.Nabieva, K.E.Ergashev, L.G.Mezhlumyan. Degree of protein denaturation in waste from natural silk processing in a high-frequency field. Chemistry natural compounds. Springer New York. V.42, N 1, p. 121-122, 2006
3. Краюхина М.А., Самойлова Н.А., Ямсков И.А. Полиэлектrolитные комплексы хитозана: формирование, свойства и применение. РАН. Успехи химии 77 (9) 2008. С. 854-869.
4. Yingying Hua, Chenjun Ma, Tiantian Wei, Liefeng Zhang and Jian Shen. Collagen/Chitosan Complexes: Preparation, Antioxidant Activity, Tyrosinase Inhibition Activity, and Melanin Synthesis. China. International Journal of Molecular Sciences. 2020, 21, 313 (1-15)
5. Патент РУз IAP05849 «Комплексная безотходная технология переработки куколок тутового шелкопряда». Рашидова С.Ш., Рузиев Ф.И., Вохидова Н.Р. и др.
6. Инструкция по пользованию. Computer color matching system operation and maintenance manual. Korea industrial technology ODA. 2012. p.79
7. А.Б.Шашлов, Р.М.Уарова, А.В.Чуркин. Основы светотехники: Учебник для вузов. Москва: Изд-во МГУП, 2002. 280 с.
8. Е.В. Горбунова, А.Н. Чертов. Типовые расчеты по колориметрии источников излучения. Учебное пособие. – СПб: Университет ИТМО, 2014. – 90 с.
9. И.И. Клочкова, В.В.Сафонов. Влияние обработки хитозаном на свойства шерстяных тканей и процесс крашения активными красителями. //Технология текстильной промышленности. № 4 (299).2007. С. 48-52.



**МЕТОДЫ ОЦЕНКИ АДГЕЗИОННОЙ ПРОЧНОСТИ ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ  
ПОЛИТЕТРАФТОРЭТИЛЕНА, НАНЕСЕННОГО  
НА ПОЛИПРОПИЛЕНОВУЮ НИТЬ**

**METHODS FOR ESTIMATING THE ADHESION STRENGTH OF COATING BASED ON  
POLYTETRAFLUOROETHYLENE SUPPLIED ON POLYPROPYLENE YARN**

А.В. Роговский<sup>1</sup>, Г.М. Цатурян<sup>1</sup>, С.Ю. Вавилова<sup>2</sup>, Н.П. Пророкова<sup>1,2</sup>  
A.V. Rogovskii<sup>1</sup>, G.M. Tsatryan<sup>1</sup>, S.Yu. Vavilova<sup>2</sup>, N.P. Prorokova<sup>1,2</sup>

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

<sup>2</sup>Институт химии растворов имени Г.А. Крестова Российской академии наук, г. Иваново

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

<sup>2</sup>G.A. Krestov Institute of Solution Chemistry of Russian Academy of Science, Ivanovo

E-mail: a\_rogovskiy@list.ru; npp@isc-ras.ru

**Описаны методы оценки устойчивости к истиранию и адгезионной прочности покрытия на основе политетрафторэтилена, нанесенного на полипропиленовую нить. Предлагаемые методы свидетельствуют о высокой адгезии политетрафторэтиленового покрытия к полипропиленовой подложке.**

**Ключевые слова:** полипропиленовая нить, покрытие, политетрафторэтилен, адгезия

**Methods for evaluating the abrasion resistance and the adhesive strength of a coating based on polytetrafluoroethylene supplied on a polypropylene yarn are described. The proposed methods indicate high adhesion of the polytetrafluoroethylene coating to the polypropylene substrate.**

**Keywords:** polypropylene yarn, coating, polytetrafluoroethylene, adhesion

Ранее в ИХР РАН был предложен принципиально новый подход к получению полипропиленовых (ПП) нитей с покрытием на основе политетрафторэтилена (ПТФЭ) [1-4], основанный на том, что для обеспечения адгезии ПТФЭ к поверхности нити высокодисперсная суспензия ПТФЭ наносится на поверхность полутвержденной нити при формовании её из термопластичного полимера на стадии замасливания. В дальнейшем, на стадии ориентационного вытягивания, толщина покрытия, за счет способности ПТФЭ к псевдотекучести и высокого коэффициента теплового расширения, значительно уменьшается, покрытие приобретает равномерность и становится ориентированным. Такие нити имеют поверхность из ПТФЭ и обладают свойствами, подобными свойствам фторопластовых нитей (высокими хемостойкостью и гидрофобностью, низким коэффициентом трения). Для придания нитям пониженной электризуемости и биоцидности было предложено внедрить в структуру покрытия на основе ПТФЭ стабилизированные стеаратом натрия наночастицы магнетита [5-8]. ПП нить с ПТФЭ покрытием обладает высокими механическими характеристиками, в частности, её прочность значительно превышает прочность стандартной полипропиленовой нити [9].

В процессе получения, переработки и изготовления изделий ПП нить подвергается интенсивным механическим воздействиям, важное место среди которых занимает истирание. Скорости движения нитей при получении на современном оборудовании достигают нескольких тысяч метров в минуту. Если формируемое на поверхности ПП нити ПТФЭ покрытие будет иметь слишком большую толщину и шероховатость, низкую структурированность и будет слабо зафиксировано на поверхности полипропиленовой нити, то такое покрытие будет очень быстро удалено за счет взаимодействия движущейся нити со стальными поверхностями оборудования. Поэтому важно изучить влияние условий формирования покрытия и состава модифицирующей композиции на адгезионную прочность

политетрафторэтиленового покрытия на полипропиленовой нити, выявить механизм разрушения адгезионного соединения.

Так как единичный филамент полипропиленовой нити обладает малым диаметром (~ 15 мкм) и высокой кривизной, изучение взаимодействия ПП подложки с покрытием на основе ПТФЭ проводили на модельных объектах. В качестве последних использовали ПП пленки, на поверхность которых наносили составы, аналогичные композициям, используемым для формования покрытий на ПП нити.

Для изучения устойчивости покрытия к истиранию пленки подвергались возвратно-поступательным истирающим воздействиям на стандартном приборе, используемом для испытания устойчивости окраски к трению ПТ-4 (см. рис. 1) [10], с нагрузкой 9,8 Н и различным количеством циклов истирающих воздействий.



Рис. 1. Прибор для испытания устойчивости окраски к трению ПТ-4

Наличие остаточного покрытия на пленке определяли методом ИК-спектроскопии (МНПВО) по наличию и интенсивности спектров политетрафторэтилена. На рис. 2 представлены ИК-спектры (МНПВО) ПП пленок с покрытиями на основе ПТФЭ, допированными стабилизированным стеаратом натрия магнетитом, после истирающих воздействий различной интенсивности.

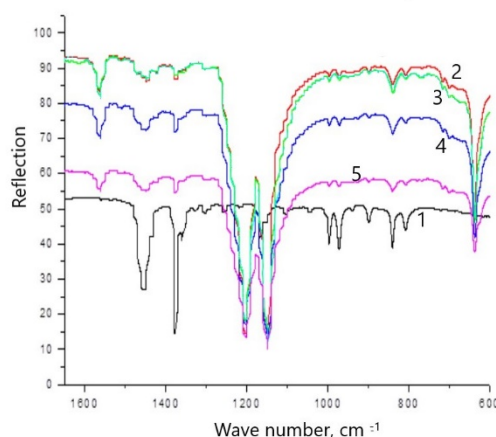


Рис. 2. ИК спектры (МНПВО) ПП пленок с покрытиями на основе ПТФЭ, допированными стабилизированным стеаратом натрия магнетитом, подвергнутых различному количеству истирающих воздействий: 1 – без покрытия; 2 - с покрытием; 3 – с покрытием после 10 истирающих воздействий; 4 - с покрытием после 50 истирающих воздействий; 5 - с покрытием после 500 истирающих воздействий

О наличии и толщине слоя ПТФЭ на поверхности ПП пленки судили по присутствию на спектрах характерных для ПТФЭ полос поглощения в области  $1210\text{ см}^{-1}$  и  $1150\text{ см}^{-1}$ . Как видно из рис. 2, на спектрах всех пленок, подвергнутых истиранию, эти полосы присутствуют. Таким образом, можно сделать вывод, что после истирания все пленки сохранили фторопластовое покрытие. С использованием метода базовой линии можно провести количественную оценку содержания ПТФЭ на поверхности ПП пленки, подвергнутой истиранию различной интенсивности. Внутренним стандартом для изотактического полипропилена принято выбирать полосу  $1460\text{ см}^{-1}$  [11], для оценки количества ПТФЭ - полоса  $1210\text{ см}^{-1}$ , соответствующая колебаниям C-F и C-F<sub>2</sub> связей ПТФЭ. Результаты количественной оценки содержания ПТФЭ на поверхности пленки, подвергнутой истирающему воздействию различной интенсивности, показывают, что даже после 500 циклов истирающих воздействий толщина слоя фторопласта уменьшается незначительно.

Для оценки адгезионной прочности покрытий на основе ПТФЭ с внедренными наночастицами FeO·Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> на ПП нити использовали метод нормального отрыва двух склеенных плоских поверхностей. Для склеивания на две ПП пленки размером 20 x 40 мм наносили состав, аналогичный композиции для формирования покрытия при получении нитей с ПТФЭ покрытием, допированным стабилизированными стеаратом натрия частицами магнетита. Пленки соединяли друг с другом сторонами с нанесенной композицией. По поверхности соединенных пленок прокатывали резиновым роликом, чтобы удалить воздух и получить максимально ровное и прочное соединение. Соединенные пленки выдерживали 1 час при комнатной температуре, после чего подвергали пятикратному вытягиванию при температуре  $130\text{ }^{\circ}\text{C}$  на стенде ОСВ-1. Адгезионную прочность контакта при нормальном отрыве определяли на модернизированной разрывной машине 2099-P-5 при угле раздира  $180\text{ }^{\circ}\text{C}$  и скорости 2 мм/с.

Характер адгезионного разрушения изучали при помощи методов ИК-спектроскопии (МНПВО), оптической и АСМ микроскопии. Установлено, что спектры ПП пленок с покрытием после отрыва представляют собой спектры ПТФЭ, т.е. после отрыва двух ранее склеенных пленок на поверхности каждой из них сохраняется покрытие. Анализ изображений позволил установить, покрытие на основе ПТФЭ на ПП пленке после нанесения и высушивания при любом составе композиции представляет собой единую зернистую поверхность, состоящую из примыкающих друг к другу частиц ПТФЭ. При отрыве пленок, склеенных композициями на основе суспензии ПТФЭ, содержащих различные количества ПАВ и магнетита, разрушение происходит по адгезионно-когезионному механизму. После ориентационного вытягивания частицы ПТФЭ сливаются воедино, поверхность утрачивает зернистость и становится абсолютно гладкой и ровной. После нормального отрыва склеенных поверхностей на пленках хорошо видны фрагменты частиц ПТФЭ. Возможно, отрыв происходит в местах наименьшего сцепления частиц ПТФЭ между собой. Это свидетельствует о том, при отрыве пленок, склеенных композициями на основе высокодисперсного ПТФЭ и содержащими различные количества стерата натрия и магнетита, разрушение происходит по адгезионно-когезионному механизму.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Пат 2522337 РФ / Пророкова Н.П., Вавилова С.Ю., Кумеева Т.Ю., Морыганов А.П., Бузник В.М. Синтетические нити с высокой хемостойкостью и низким коэффициентом трения. Заявлено 14.12.2012. Опубликовано 10.07.2014. Бюл. №19. Приоритет 14.12.2012.
2. Пат 2522338 РФ / Пророкова Н.П., Вавилова С.Ю., Кумеева Т.Ю., Морыганов А.П., Бузник В.М. Способ получения синтетических нитей. Заявлено 14.12.2012. Опубликовано 10.07.2014. Бюл. №19. Приоритет 14.12.2012.
3. Prorokova N.P., Vavilova S.Y., Bouzник V.M. A novel technique for coating polypropylene yarns with polytetrafluoroethylene // Journal of Fluorine Chemistry. - 2017. - V. 204. - P. 50 – 58.

4. Prorokova N.P., Vavilova S.Yu. Bulk and surface modification of polypropylene filaments at the stage of their formation from a melt // *Fibre Chemistry*. – 2018. - V. 50, No. 3. - P. 233-238.
5. Вавилова С.Ю., Пророкова Н.П. Влияние малых количеств магнетита, внедренных в политетрафторэтиленовое покрытие, на физико-механические свойства полипропиленовой нити // *Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX)*. - 2019. - № 1-1. – С. 231-235.
6. Таланов А.А., Вавилова С.Ю., Пророкова Н.П. Свойства покрытия на основе политетрафторэтилена с внедренными наночастицами магнетита, сформированного на полипропиленовой нити в процессе формования её из расплава // *Молодые ученые – развитию национальной технологической инициативы (ПОИСК)*. – 2019. - № 1-1. – С. 109-111.
7. Шишина В.Р., Вавилова С.Ю., Пророкова Н.П. Свойства полипропиленовой нити с покрытием на основе политетрафторэтилена, допированного магнетитом // *Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX)*. - 2020. - № 1. – С. 427 - 431.
8. Prorokova N., Vavilova S. Properties of polypropylene yarns with a polytetrafluoroethylene coating containing stabilized magnetite particles // *Coatings*. – 2021. V. 11. - 830.
9. Prorokova N.P., Vavilova S.Yu., Buznik V.M. Mechanical characteristics of a polypropylene yarn with a polytetrafluoroethylene-based coating obtained through a new technology // *Theoretical Foundations of Chemical Engineering*. – 2021. - Vol. 55, No. 5. – P. 1021-1027.
10. Красители для текстильной промышленности / Под ред. А.Л. Бяльского, В.В. Карпова. М.: Химия, 1971. – С. 35.
11. Инфракрасная спектроскопия полимеров/ под. ред. И. Деханта. М. Химия, 1976. - 472 с.

**ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ПОВЫШЕНИЯ  
ГИДРОФОБНЫХ СВОЙСТВ ПОЛИЭФИРНОЙ ТКАНИ, ОБРАБОТАННОЙ  
ТЕЛОМЕРАМИ ТЕТРАФТОРЭТИЛЕНА, С ПОМОЩЬЮ ТЕКСТУРИРОВАНИЯ  
ПОКРЫТИЯ НАНОРАЗМЕРНЫМ ДИОКСИДОМ КРЕМНИЯ**

**ESTIMATION OF THE POSSIBILITY OF ADDITIONAL IMPROVEMENT OF  
HYDROPHOBIC PROPERTIES OF POLYESTER FABRIC TREATED WITH  
TETRAFLUOROETHYLENE TELOMERS BY TEXTURING THE COATING WITH  
NANOSIZED SILICON DIOXIDE**

С.О. Сивяков<sup>1</sup>, Т.Ю. Кумеева<sup>2</sup>, И.В. Холодков<sup>2</sup>, Н.П. Пророкова<sup>1,2</sup>  
S.O. Siviakov<sup>1</sup>, Y.Yu. Kumeeva<sup>2</sup>, I.V. Kholodkov<sup>2</sup>, N.P. Prorokova<sup>1,2</sup>

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

<sup>2</sup>Институт химии растворов имени Г.А. Крестова  
Российской академии наук, г. Иваново

<sup>1</sup>Ivanovo State Polytechnic University (Russia, Ivanovo)

<sup>2</sup>G.A. Krestov Institute of Solution Chemistry of Russian Academy of Science (Russia, Ivanovo)

E-mail: ya.sivyakov.ya@yandex.ru, npp@isc-ras.ru

Проведена оценка возможности дополнительного повышения водоотталкивающих свойств полиэфирной ткани при гидрофобизации её теломерами тетрафторэтилена за счет текстурирования посредством нанесения на ткань наноразмерного диоксида кремния.

**Ключевые слова:** полиэфирная ткань, теломеры тетрафторэтилена, наноразмерный диоксид кремния

**An assessment was made of the possibility of an additional increase in the water-repellent properties of polyester fabric when it is hydrophobized by tetrafluoroethylene telomereres due to texturing by applying nanosized silicon dioxide to the fabric.**

**Keywords:** polyester fabric, tetrafluoroethylene telomereres, nanosized silicon dioxide

Ткани с высокими гидрофобными свойствами, в том числе, полиэфирные, пользуются постоянно растущим спросом. Несмотря на то, что полиэфирное волокно является гидрофобным, ткани из него, характеризующиеся сложной капиллярно-пористой структурой, не обладают свойствами водоотталкивания: капли жидкости, попавшие на них, моментально впитываются в межволоконные пространства.

Гидрофобными считаются волокнистые материалы, угол смачивания которых водой и водными растворами превышает 90°. В настоящее время четко обозначился интерес потребителей и производителей к материалам и покрытиям с очень высокой гидрофобностью – сверх- и супергидрофобным [1-4]. К сверхгидрофобным относят материалы с краевым углом смачивания более 120°, супергидрофобные материалы характеризуются углом смачивания, превышающим 150° [5]. Кроме того, ткань с высокими водоотталкивающими свойствами должна характеризоваться не только высоким краевым углом смачивания, но и низким водопоглощением. Важность определения водопоглощения для характеристики свойств различных волокнистых материалов иллюстрируется работами [6,7]. Водопоглощение оценивается количеством воды, удерживаемой образцом ткани после полного погружения его в жидкость в течение одного часа.

Согласно современным воззрениям [8-10], придание высокой гидрофобности ткани, также как и любому твердому телу, можно обеспечить за счет совместного действия двух факторов. К ним относятся понижение поверхностной энергии с помощью изменения химического состава поверхности, чаще всего, за счет нанесения на поверхность вещества с

более низкой поверхностной энергией (гидрофобизатора), а также текстурирование поверхности для придания ей многомодальной шероховатости.

В настоящей работе в качестве гидрофобизатора используются теломеры ТФЭ, синтезированные из фтормономеров в ацетоне (ТФЭ/Ац) методом радиационно-химической теломеризации. Она представляет собой особый вид полимеризации, осуществляемой в присутствии соединений (телогенов) – эффективных переносчиков цепи [11]. В Институте проблем химической физики Российской академии наук (г. Черноголовка) методом радиационно-инициируемой теломеризации в целом ряде растворителей были синтезированы теломеры ТФЭ различной природы и реакционной способности [12]. Как показано в [13-19], при водоотталкивающей отделке полиэфирной ткани этими теломерами достигаются высокие краевые углы смачивания и довольно низкое водопоглощение.

Для обеспечения оптимального режима смачивания, способствующего приданию максимальной гидрофобности материалу, требуется, чтобы последний обладал иерархической шероховатостью, т.е. характеризовался неравномерностью одновременно на макро-, микро- и наноуровнях. Как известно, полиэфирная ткань образована переплетением комплексных текстильных нитей, которые состоят из элементарных нитей (филаментов), имеющих цилиндрическую форму. Таким образом, поверхность ткани носит не сплошной, а дискретный характер, и образована множеством выпуклых элементов. Авторы [20] установили, что для выпуклых поверхностей краевой угол смачивания выше, чем для плоскости. Кроме того, в работах [10,15,21,22] показано, что ткань, благодаря своему сложному переплетению, обладает многомодальной шероховатостью. Однако ряд исследователей при гидрофобизации ткани для дополнительного увеличения её нанощероховатости, и, благодаря этому, повышения гидрофобности, рекомендуют наносить на поверхность волокон сферические наночастицы диоксида кремния [23-25].

Таблица 1

Водоотталкивающие свойства ПЭФ ткани с покрытием на основе теломеров ТФЭ/Ац и SiO<sub>2</sub>

Удельное содержание SiO <sub>2</sub> , г/м <sup>2</sup>	Удельное содержание теломеров ТФЭ, г/м <sup>2</sup>	Кратность нанесения теломеров	Шероховатость поверхности, нм	Краевой угол смачивания, град.	Водопоглощение, %
5.0	0	0	52.0	-	-
Последовательное нанесение SiO <sub>2</sub> и теломеров ТФЭ/Ац					
0	0.9	1	-	117± 2	15.7± 0.8
2.5	1.2		-	105± 2	22.3 ± 1.1
5.0	1.2		-	110± 2	21.8 ± 1.0
9.0	0.9		-	111± 2	16.3 ± 0.8
0	1.7	2	101.5	122± 2	10.2 ± 0.5
2.5	1.9		84.8	105± 2	19.8 ± 1.0
5.0	1.7		159.3	107± 2	15.0 ± 0.8
9.0	1.6		-	109± 2	14.3 ± 0.7
0	3.0	3	-	124± 2	7.3± 0.4
2.5	2.9		-	108± 2	13.7 ± 0.7
5.0	3.1		60.8	105± 2	12.5 ± 0.6
9.0	3.0		-	107± 2	12.0 ± 0.7
Одновременное нанесение SiO <sub>2</sub> и теломеров ТФЭ/Ац					
4.9		1	217.4	109 ± 2	28.0±1.4
6.5			-	111 ± 2	27.0 ±1.4

Целью настоящей работы являлась оценка возможности регулирования водоотталкивающих свойств гидрофобизированной теломерами тетрафторэтилена (ТФЭ)

полиэфирной ткани за счет текстурирования посредством нанесения на неё наноразмерного диоксида кремния.

Показатели шероховатости обработанной ткани и характеристики её гидрофобности представлены в таблице. Из таблицы видно, что использование для гидрофобизации ПЭФ ткани композиции, включающей наночастицы SiO<sub>2</sub> и теломеры ТФЭ/Ац, приводит к повышению шероховатости покрытий. Однако водоотталкивающие свойства покрытий ухудшаются - наблюдается снижение краевых углов смачивания ткани и повышение её водопоглощения. Это связано с дополнительным возрастанием жесткости покрытия на основе теломеров ТФЭ/Ац при сочетании их с наночастицами SiO<sub>2</sub>, свидетельствующим об ухудшении пластических свойств покрытия. Изменение указанной характеристики покрытия приводит к существенному повышению жесткости ткани.

Выявленные закономерности позволят направленно изменять водоотталкивающие характеристики гидрофобизированной ПЭФ ткани, а также регулировать уровень ее жесткости.

*Исследования проводились при финансовой поддержке РФФИ и правительства Ивановской области (грант № 18-48-370005 р\_центр\_a).*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Lafuma A., Quéré D. Superhydrophobic States // *Nature Materials*. - 2003. - V. 2. - P. 457 - 460.
2. Koch K., Bhushan B., Barthlott W. Diversity of Structure, Morphology and Wetting of Plant Surfaces // *Soft Matter*. - 2008. - V. 4. - P. 1943 - 1963.
3. Feng L., Zhang Y., Xi J., Zhu Y., Wang N., Fan Xia F., Lei Jiang L. Petal Effect: A Superhydrophobic State with High Adhesive Force // *Langmuir*. - 2008. - V. 24, № 8. - P. 4114 - 4119.
4. Liu Y., Chen X., Xin J.H. Can Superhydrophobic Surfaces Repel Hot Water? // *J. Mater. Chem.* - 2009. - V. 19. - P. 5602 - 5611.
5. Бойнович Л.Б., Емельяненко А.М. Гидрофобные материалы и покрытия: принципы создания, свойства и применение // *Успехи химии*. – 2008. – Т. 7, № 77 – С. 619 – 638. (Boinovich L.B., Emelyanenko A.M. Hydrophobic materials and coatings: principles of design, properties and applications // *Russian Chem. Reviews*. – 2008. – V. 77, N 7. – P. 583-600).
6. Halimatul M.J., Sapuan S.M., Jawaid M., Ishak M.R., Ilyas R.A. Water absorption and water solubility properties of sago starch biopolymer composite films filled with sugar palm particles // *Polimery*. – 2019. - V. 64. –P. 27 – 35.
7. Ilyas R.A., Sapuan S.M., Atiqah A., Ibrahim Rushdan, Abral Hairul, Ishak M.R., Zainudin E.S., Nurazzi N.M., Atikah M.S.N., Ansari, M.N.M. Asyraf M.R.M., Supian A.B.M., Ya Hamdan. Sugar palm (*Arenga pinnata* [Wurmb.] Merr) starch films containing sugar palm nanofibrillated cellulose as reinforcement: Water barrier properties // *Polymer Composites*. – 2019. - V. 41, Is. 2. – P. 459-467.
8. Boinovich L.B., Emelyanenko A.M. Hydrophobic materials and coatings: principles of design, properties and applications // *Russian Chem. Reviews*. – 2008. V. 77. – P. 583 - 600.
9. Jeevahan J., Chandrasekaran M., Britto Joseph G., Durairaj R.B., Mageshwaran G. Superhydrophobic surfaces: a review on fundamentals, applications, and challenges // *J. Coat. Technol. Res.* – 2018. V. 15. P. 231–250.
10. Ramaratnam K., Iyer S.K., Kinnan M.K., Chumanov G., Brown P.J., Luzinov I. Ultrahydrophobic Textiles Using Nanoparticles: Lotus Approach // *J. Eng. Fiber Fabr.* – 2008. V.3:4. P. 1-14.
11. Пикаев А.К. Современная радиационная химия. Твердое тело и полимеры. Прикладные аспекты. - М.: Наука, 1987. – 448 с.
12. Кирюхин Д.П., Ким И.П., Бузник В.М., Игнатьева Л.Н., Курявый В.Г., Сахаров С.Г. Радиационно-химический синтез теломеров тетрафторэтилена и их использование для создания тонких защитных фторполимерных покрытий // *Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им.*

- Д.И. Менделеева). – 2008. – Т. 52, № 3. – С. 66-72. (Kiryuhin D.P., Kim I.P., Buznik V.M., Ignat'eva L.N., Kuryavyi V.G., Sakharov S.G. Radiation-chemical synthesis of tetrafluoroethylene telomers and their use of thin protective fluoropolymer coatings // *Rus. J. Gen. Chem.* – 2009. - V. 79. – P. 589-595.
13. Пророкова Н.П., Кумеева Т.Ю., Кирюхин Д.П., Никитин Л.Н., Бузник В.М. Придание полиэфирным тканям повышенной гидрофобности: формирование на поверхности волокон ультратонкого водоотталкивающего покрытия // *Российский химич. журнал (Журнал Российского химического общества им. Д.И. Менделеева)*. 2011. - Т. LV, № 3. - С. 14-23. (Prorokova N.P., Kumeeva T.Yu., Kiryukhin D.P., Nikitin L.N., Buznik V.M. Imparting enhanced hydrophobicity to polyester fabrics: formation of ultrathin water-repelling coatings on the fiber surface // *Rus. J. Gen. Chem.* – 2012. - V. 82, Is. 13. P. 2259-2269.)
14. Пророкова Н.П., Бузник В.М., Кирюхин Д.П., Никитин Л.Н. Перспективные технологии гидро- и олеофобизации текстильных материалов // *Химическая технология*. - 2010. - Т. 11, № 4. - С. 213 - 224.
15. Пророкова Н.П., Кумеева Т.Ю., Хорев А.В., Бузник В.М., Кирюхин Д.П., Большаков А.И., Кичигина Г.А. Придание полиэфирным текстильным материалам высокой гидрофобности обработкой их раствором теломеров тетрафторэтилена // *Химич. волокна*. – 2010. – № 2. – С. 25 - 30. (Prorokova N.P., Kumeeva T.Yu., Khorev A.V., Buznik V.M., Kiryukhin D.P., Bol'shakov A.I., Kichigina G.A. Giving polyester textile materials high water repellency by treating them with a solution of tetrafluoroethylene telomers // *Fibre Chem.* – 2010. – V. 42. – P. 103 – 108.)
16. Пророкова Н.П., Кумеева Т.Ю., Кирюхин Д.П., Бузник В.М. Гидрофобизация полиэфирных текстильных материалов теломерными растворами тетрафторэтилена // *Журнал прикл. химии*. – 2013. - Т. 86, №1. - С. 68-73. (Prorokova N.P., Kumeeva T.Yu., Kiryukhin D.P., Buznik V.M. Hydrophobization of Polyester Textile Materials with Telomeric Tetrafluoroethylene Solutions // *Russian Journal of Applied Chemistry*. – 2013. – V. 86, No. 1. – P. 69-75).
17. Кумеева Т.Ю., Пророкова Н.П., Кичигина Г.А. Гидрофобизация полиэфирных текстильных материалов растворами теломеров тетрафторэтилена, синтезированными в ацетоне и хлористом бутиле: свойства и структура покрытий // *Физикохимия поверхности и защита материалов*. – 2015. - Т. 51, № 4. – С. 428-435. (Kumeeva T.Yu., Prorokova N.P., Kichigina G.A. Hydrophobization of polyester textile materials with solutions of tetrafluoroethylene telomers synthesized in acetone and butyl chloride: Properties and structure of coatings // *Protection of Metals and Physical Chemistry of Surfaces*. – 2015. – V. 51, No. 4. – P. 579-586).
18. Prorokova N.P., Kumeeva T.Yu., Kiryukhin D.P., Kichigina G.A., Kushch P.P. Coatings based on tetrafluoroethylene telomers synthesized in trimethylchlorosilane for obtaining highly hydrophobic polyester fabrics // *Progress in Organic Coatings*. – 2020. – V. 139. – P. 3 – 7.
19. Пророкова Н.П., Кумеева Т.Ю., Ерзунов К.А., Холодков И.В. Влияние предварительной активации полиэфирных волокнистых материалов на их гидрофобизацию с использованием теломеров тетрафторэтилена, синтезированных в триметилхлорсилане // *Вестник Санкт-Петербургского университета технологии и дизайна. Серия 1. Естественные и технические науки*. – 2019. - №3 – С. 34-39.
20. 4. Voinovich L., Emelyanenko A. The prediction of wettability of curved surfaces on the basis of the isotherms of the disjoining pressure // *Colloids Surf. A: Physicochem. Eng. Aspects*. – 2011. V. 383. - V 10–16.
21. Пророкова Н.П., Кумеева Т.Ю., Завадский А.Е., Никитин Л.Н. Модификация поверхности полиэтилентерефталатных тканей посредством нанесения гидрофобизирующего покрытия в среде сверхкритического диоксида углерода // *Химич. волокна*. – 2009. - № 1. - С. 26-30. (Prorokova N.P., Kumeeva T.Yu., Zavadskii A.E., Nikitin L.N. Modification of the surface of poly(ethylene terephthalate) fabrics by application of a water-repellent coating in supercritical carbon dioxide medium // *Fibre Chem.* – 2009. –Vol. 41. – P. 29–33.)



22. Gao L.C., McCarthy T.J. Teflon is hydrophilic. Comments on definitions of hydrophobic, shear versus tensile hydrophobicity, and wettability characterization // *Langmuir*. – 2008. – V. 24. – P. 9183 – 9188.
23. Mahltig B., Haufe H., Böttcher H. Functionalisation of textiles by inorganic sol–gel coatings // *J. Mater. Chem.* – 2005. – V. 15. - P. 4385 – 4398.
24. Mahltig B., Audenaert F., Böttcher H. Hydrophobic silica sol coatings on textiles—the influence of solvent and sol concentration // *J. Sol-Gel Sci. Techn.* – 2005 – V. 34. – P. 103–109.
25. Dalawaia S.P., Alyb M.A.S., Latthea S.S., Xinga R., Sutarc R.S., Nagappand S., Had C.S., Sadasivunie K.K., Liua S. Recent Advances in durability of superhydrophobic self-cleaning technology: A critical review // *Prog. Org. Coat.* - 2020. – V. 138. – 105381.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВИДА ФЕРМЕНТОВ НА ДЕСТРУКЦИЮ НАТУРАЛЬНОГО ШЕЛКА

## RESEARCH OF THE INFLUENCE OF THE TYPE OF ENZYMES ON THE DESTRUCTION OF NATURAL SILK

Г. Шарифжанова, В.Д. Хамидова  
G. Sharifjanova, V. D. Hamidova

Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности, Республика Узбекистан  
Tashkent Institute of Textile and Light Industry, Republic of Uzbekistan  
E-mail: chamidowa64@list.ru

Статья посвящена изучению влияния вида ферментных препаратов на их протеолитическую активность по отношению к субстратам серицина и фиброина в порошкообразном состоянии. Ферменты были выбраны исходя из области их среды активности действия – кислая, нейтральная и щелочная протеазы. Выявлено, что фермент нейтральной протеиназы Протосубтилин Г 3х обеспечивает максимальное расщепление серицина при максимальной сохранности фиброина. Из испытанных ферментов по степени обесклеивания и влиянию на структуру фиброина лучшие результаты показал фермент, работающий в нейтральной среде Протосубтилин Г 3х.

Ключевые слова: Фермент, фиброин, серицин, кислая, щелочная, нейтральная протеиназа, расщепление, деструкция, протеолитическая активность.

The article is devoted to the study of the influence of the type of enzyme preparations on their proteolytic activity in relation to substrates of sericin and fibroin in a powder state. The enzymes were selected based on the area of their medium of activity of action - acidic, neutral and alkaline proteases. It was revealed that the enzyme of neutral proteinase Protosubtilin G 3x provides maximum cleavage of sericin with maximum preservation of fibroin. Of the tested enzymes, the enzyme working in a neutral medium Protosubtilin G 3x showed the best results in terms of the degree of de-sticking and the effect on the structure of fibroin.

Key words: Enzyme, fibroin, sericin, acidic, alkaline, neutral proteinase, cleavage, destruction, proteolytic activity.

Одним из важных технологических процессов при производстве шелка является процесс обесклеивания шелка-сырца, заключающийся в освобождении фиброина от серицина. Известные химические способы обесклеивания оказывают повреждающее действие на фиброин, в результате чего ухудшается прочность ткани [1].

С точки зрения сохранности волокна представляют интерес ферментативные способы обесклеивания [2], т.к. ферменты мягко действуют на фиброин шелка. Ранее [3] было исследовано действие ферментов на шелк-сырец и были показаны преимущества и недостатки ферментативного обесклеивания. Однако, при оптимизации необходимо выбрать такие условия, при которых ферментативному расщеплению подвергался бы только серицин, а протеолиз фиброина был бы минимален. С этой целью были получены в очищенном виде фиброин и серицин и изучено действие трех ферментных препаратов – Амилоризина, Протосубтилина Г3х и Щелочной протеазы на них в сравнительных условиях.

Было изучено влияние различных параметров на гидролиз фиброина и серицина и определена протеолитическая активность выбранных ферментных препаратов по отношению к субстратам фиброина и серицина. Результаты расчетов приведены в таблице.

Таблица 1

## Активность ферментов по отношению к фиброину и серицину

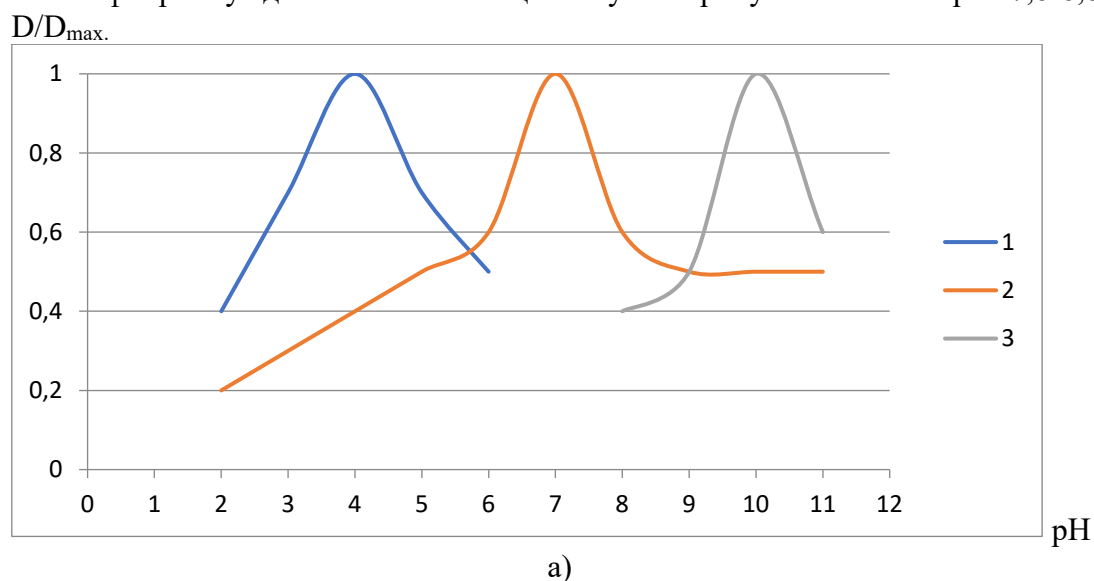
Наименование ферментов	Удельная активность ед/г препарата	
	По серицину	По фиброину
Кислая протеиназа	6,0	0,0
Нейтральная протеиназа	53,0	1,1
Щелочная протеиназа	40,0	4,6

Из представленных данных видно, что фермент Кислая протеиназа не влияет на структуру фиброина, но причина этого скорее всего кроется в слабом действии на серицин, который является защитой фиброина от повреждения. Фермент щелочного действия Щелочная протеиназа хорошо расщепляет серицин, но при этом имеет место деструкция фиброина. Наиболее оптимальным из представленных видов ферментов является, как показали исследования, фермент нейтрального действия Протосубтилин ГЗх, обладает высокой протеолитической активностью по отношению к серицину и составляет 53 ед/г препарата, в то время как гидролиз фиброина минимален и активность нейтральной протеиназы по отношению к фиброину составляет 1,1 ед/г препарата.

Из этого следует, что наилучшим обесклеивающим ферментативным препаратом, при котором происходит максимальное удаление серицина при сохранности структуры фиброина, является фермент Протосубтилин ГЗх.

Важное значение имеют условия проведения ферментативного гидролиза. Было исследовано влияние рН среды, температуры и концентрации ферментов на гидролиз фиброина и серицина. На рис. 1 (а, б) показано влияние рН среды на гидролизуемость обоих субстратов. Как видно из рисунка оптимальное значение рН среды для проявления максимальной активности для кислых протеиназ по серицину составляет рН=3,6-4,0, для нейтральных рН=6,8-7,0 и рН=9,5-10 – для щелочных протеиназ.

Фиброин не расщепляется кислой протеиназой, а нейтральная протеиназа проявляет гидролитическую активность как по серицину, так и по фиброину в одной области рН среды. Оптимальное значение рН среды для проявления гидролитической активности щелочных протеиназ по фиброину сдвигается в слабощелочную сторону и составляет рН=7,8-8,8.



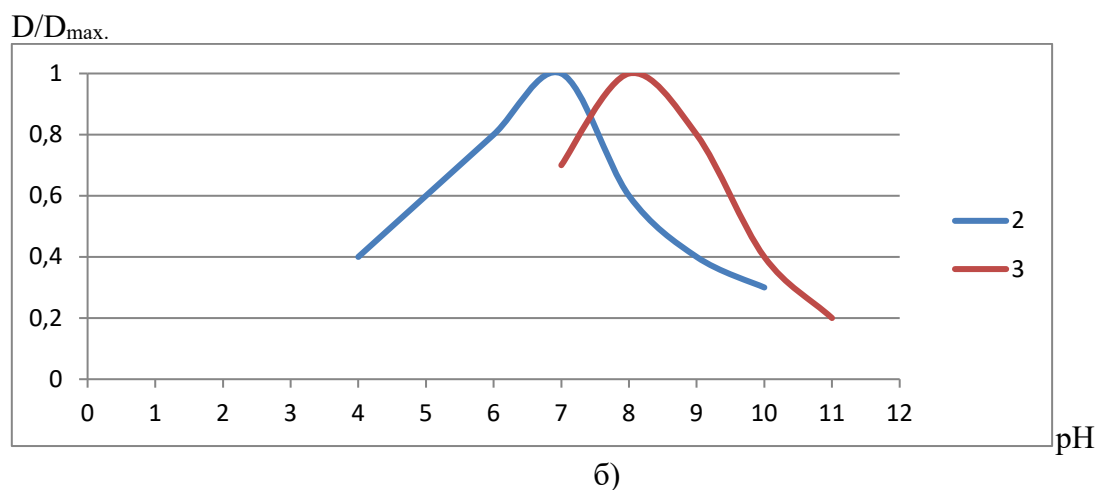


Рис.1. Влияние pH среды на гидролизруемость серицина (а) и фиброина (б) 1-кислой протеиназой, 2-нейтральной протеиназой и 3-щелочной протеиназой.

Кроме того было, было изучено влияние концентрации ферментов, температуры и времени на гидролиз фиброина и серицина. Полученные данные указывают на то, что большую активность во всех случаях проявляет нейтральная протеиназа.

Из испытанных ферментов по степени обесклеивания и влиянию на структуру фиброина лучшие результаты показал фермент, работающий в нейтральной среде Протосубтилин Г 3х. Степень обесклеивания нейтральной протеиназой составляет 18,5%, тогда как кислой и щелочной протеиназами 2,3% и 3,6% соответственно.

Вывод. Проведенные исследования показывают, что наилучшим ферментом, эффективно гидролизующим серицин при сохранении фиброина, является фермент Протосубтилин Г 3х, который работает в мягких условиях (pH=7,0, температура 55°C), что обеспечивает максимальную сохранность структуры фиброина.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кричевский Г.Е. Химическая технология текстильных материалов. В 3-х т. - М.: РЗИТЛП, 2001. -С.432
2. Эффективное отделение серицина и фиброина из волокон тутового шелкопряда *Bombyx mori* и недорогое удаление соли из раствора фиброина. Correa, E.E., Lopera, D.O.G., Restrepo, S.G., Ossa-Orozco, C.P. Revista Facultad de Ingenieria. (94), с. 97-10, 2020.
3. Химическое дегуммирование волокна шёлка. Guangting, Zhang Yuan-ming. J. Qingdao Univ. Eng. Technol.Ed. 2005. 20, № 1, с. 57-60. Кит.; рез. англ.

## ЦЕМЕНТНЫЙ КОМПОЗИТ С ВОЛОКНАМИ ЛАВСАНА

### CEMENT COMPOSITE WITH DACRON FIBERS

Ю.А. Щепочкина  
Ju.A. Shchepochkina

Ивановский государственный политехнический университет  
Ivanovo State Politechnical University  
E-mail: julia2004ivanovo@yandex.ru

Волокна лавсана рассмотрены в качестве армирующего материала для цементного композита. Показано, что введение волокон лавсана в количестве 0,05-0,15 % от массы сухих компонентов (портландцемента и кварцевого песка) способствует незначительному повышению прочности цементного композита при изгибе и сжатии.

**Ключевые слова:** цементный композит, лавсан, прочность

Dacron fibers are considered as a reinforcing material for a cement composite. It is shown that the introduction of dacron fibers in an amount of 0.05-0.15 % by weight of dry components (portland cement and quartz sand) contributes to a slight increase in the strength of the cement composite during bending and compression.

**Keywords:** cement composite, dacron, strength

С 70-х годов прошлого столетия разнообразные волокна (стеклянные, углеродные, керамические, асбестовые и др.) широко используются для армирования цементных композитов [1]. В последние годы в качестве армирующего материала все большее применение находят синтетические волокна [2-5].

Рассмотрим в качестве армирующего материала для цементных композитов полиэфирное волокно – лавсан.

Лавсан – синтетическое гетероцепное волокно из полиэтилентерефталата. Волокно изготавливается круглого сечения, имеет гладкую блестящую поверхность, характеризуется высокой упругостью.

В данной работе волокна лавсана были использованы для армирования цементного композита, приготовляемого из цементно-песчаной смеси включающей, мас.ч.: портландцемент М400 1; просеянный через сито № 5 кварцевый песок 3, при водоцементном отношении 0,5.

Подготовка волокон лавсана включала их нарезку. Длина отрезков волокон составляла 17-20 мм. При выборе длины отрезков были учтены рекомендации [1]. Нарезанные волокна вводили в цементно-песчаную смесь в количестве 0,05-0,15 % от массы сухих компонентов. Необходимо отметить трудность равномерного распределения синтетических волокон в объеме затворенной водой цементно-песчаной смеси, возможность образования «ежей», состоящих из хаотически переплетенных волокон. Поэтому волокна лавсана вводили в сухую смесь портландцемента и кварцевого песка, тщательно перемешивали, после чего добавляли требуемое количество воды. Уже на стадии затворения было видно, что волокна лавсана плохо обволакиваются смесью, а частицы портландцемента и кварцевого песка скользят по поверхности волокон, не закрепляясь.

Из приготовленной смеси формовали образцы-балочки размером 40×40×160 мм, которые в возрасте 28 сут испытывали на прочность при изгибе и сжатии, рисунок.

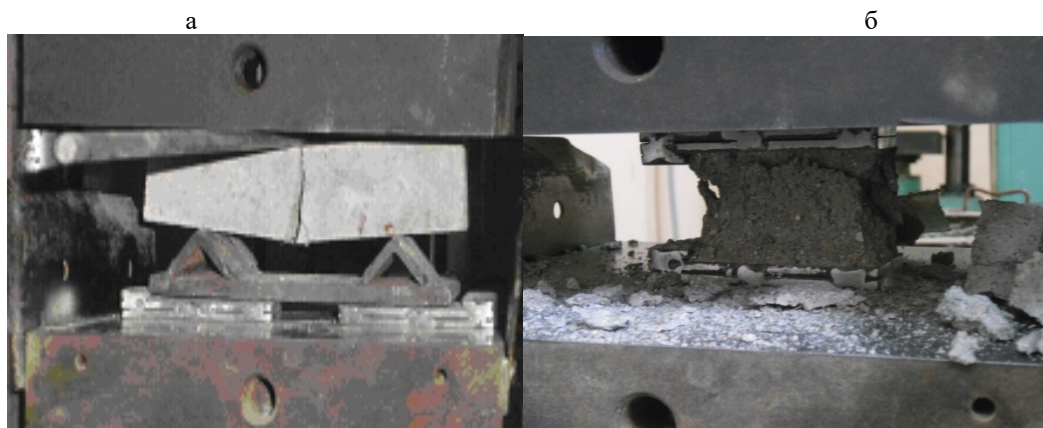


Рис. 1. Образцы-балочки после испытания на прочность: а) при изгибе; б) при сжатии

Результаты испытаний образцов-балочек цементного композита, армированного волокнами лавсана, приведены в таблице.

Таблица 1

Результаты испытаний образцов-балочек

Содержание волокон лавсана, % от массы сухих компонентов	Прочность, МПа	
	при изгибе	при сжатии
без волокон	8,1	15,2
0,05	8,1	15,3
0,1	8,6	15,6
0,15	8,9	15,9

Из таблицы видно, что армирование цементного композита волокнами лавсана способствует незначительному повышению его прочности при изгибе и сжатии. Это можно объяснить, прежде всего, тем, что волокна взаимодействуют с цементным композитом только механически, они плохо обволакиваются цементно-песчаной смесью и химически не взаимодействуют с продуктами гидратации портландцемента. На поверхности раздела «волокно – цементный композит» не образуется промежуточной зоны, химический состав и свойства которой отличались бы от этих разнородных материалов. Как следствие, вклад волокон лавсана в упрочнение цементного композита невелик.

Отметим слабую тенденцию к повышению прочности цементного композита от увеличения содержания волокон лавсана. Однако следует иметь в виду, что увеличение содержания синтетических волокон неизбежно будет приводить к еще большему нарушению однородности цементного композита.

Можно полагать, что подобный эксперимент с другими типами полиэфирных волокон-аналогами лавсана также приведет лишь к небольшому упрочнению цементного композита.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Дисперсно-армированный бетон и изделия из него. Тематическая подборка. – Рига: ЛатНИИИТИ, 1979. – 44 с.
2. Jarabo, R. Effect of sepiolite on mechanical and physical properties of fiber cement / R.Jarabo, E.Fuente, H.Savastano, C.Negro // ACI Materials journal. – 2014. – v.111. – № 4. – P. 355-362.
3. Gębarowski, P. Zbrojenie rozproszone w awtoklawizowanym betonie komórkowym / P. Gębarowski, P. Romanowski // Materiały budowlane. – 2018. – № 11. – S. 60-62.
4. Skrikanth Koniki. Badania wytrzymałości oraz zależności naprężenie-odkształcenie betonu o dużej wytrzymałości zbrojonego mieszania włókien polipropylenowych i poliestrowych / Skrikanth Koniki, Ravi Prasad D. // Cement. Wapno. Beton. – 2018. – № 1. – S. 67-77.

5. Щепочкина, Ю.А. Полиамидное волокно как армирующий материал для цементных композитов / Ю.А. Щепочкина // Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы. Сб. матер. XXIII Междунар. научно-практ. форума “SMARTEX-2020”. – Иваново, 2020. – С. 231-234.

## СТРУКТУРА, ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ НИТЕЙ НА ОСНОВЕ ПОЛИПРОПИЛЕНА

### STRUCTURE, BASIC PROPERTIES AND PROSPECTS OF APPLICATION OF COMPOSITE YARNS BASED ON POLYPROPYLENE

Н.П. Пророкова  
N.P. Prorokova

Институт химии растворов им. Г.А. Крестова Российской академии наук, г. Иваново  
Ивановский государственный политехнический университет  
G.A. Krestov Institute of Solution Chemistry of Russian Academy of Scienc, Ivanovo  
<sup>2</sup>Ivanovo State Polytechnic University, Ivanovo  
E-mail: npp@isc-ras.ru

Проанализированы проблемы получения наполненных текстильных нитей из расплава. Показана необходимость использования наноразмерных наполнителей в стабилизированной форме. Исследованы свойства композитов на основе полипропиленовых нитей с разными наполнителями. Описан принципиально новый способ получения композиционных нитей со свойствами, аналогичными свойствам фторопластовых нитей. Проанализирован механизм формирования фторопластового покрытия на полипропиленовых нитях. Оценены морфология и характеристики получаемых композиционных нитей.

**Ключевые слова:** полипропиленовые нити; наноразмерные стабилизированные наполнители; фторопластовое покрытие.

The problems of obtaining filled textile yarns from the melt are analyzed. The necessity of using nanosized fillers in a stabilized form is shown. The properties of composites based on polypropylene yarns with different fillers have been investigated. A fundamentally new method of producing composite yarns with properties similar to those of fluoroplastic filaments is described. The mechanism of formation of a fluoroplastic coating on polypropylene yarns is analyzed. The morphology and characteristics of the resulting composite yarns were evaluated.

**Keywords:** polypropylene yarns; nanoscale stabilized fillers; fluoroplastic coat.

Одним из перспективных способов получения композиционных полимерных материалов является введение в полимерную матрицу наполнителя [1].

Известно большое количество исследований, посвященных получению композиционных полимерных материалов на основе использования наноразмерных наполнителей [2-7]. Однако вопрос применения наполнителей, в том числе наноразмерных, при получении текстильных нитей из термопластичных полимеров мало изучен, хотя имеются сведения, что наполнение нитей может обеспечить значительное улучшение их характеристик и/или придание новых свойств нитям и материалам на их основе. Таким способом можно получить волокнистые и композиционные материалы с высокой прочностью, упругостью, улучшенными трибологическими характеристиками, повышенной электропроводностью, биоцидностью и т.д.

Текстильная химическая нить представляет собой продукт неограниченной длины и малого поперечного сечения [8], она образуется элементарными нитями, каждая из которых производится продавливанием расплава полимера через фильеру [9]. Нить обладает чрезвычайно высокой анизотропией и характеризуется высокой степенью ориентации и плотностью упаковки субмолекулярных образований – фибрилл. В связи со спецификой формования нити и чувствительностью её структуры применение функциональных наполнителей при получении химических композиционных текстильных нитей связано с большими трудностями и может вызвать ухудшение их физико-механических



характеристик. Поэтому, в связи со спецификой процессов формирования текстильных синтетических нитей и особенностями их структуры количество используемого наполнителя ограничивается  $\approx 5$  % масс. [10]. При формировании пленочных нитей количество наноразмерных наполнителей может быть значительно большим [11-14.]

Серьезным препятствием для реализации процессов получения нанокomпозиционных нитей является присущая наночастицам склонность к агрегированию. Составляющие нить филаменты имеют малый диаметр и обладают высокоориентированной надмолекулярной структурой, что обуславливает высокую чувствительность их к размерам наполнителей, т.е. даже незначительное агрегирование наноразмерных наполнителей может отрицательно сказаться на прочности и упруго-эластических характеристиках нитей. Образование же агрегатов больших размеров вызовет засорение фильера, что приведет к возрастанию обрывности нитей до технологически неприемлемого уровня. Таким образом, задача предотвращения агрегации наноразмерных наполнителей при получении нанокomпозиционных синтетических нитей из расплава является весьма актуальной, хотя и весьма сложной, поскольку образование агрегатов наночастиц обусловлено метастабильностью наноразмерных частиц, обладающих избыточной поверхностной энергией [15]. Предлагаемые пути ее решения базируются, в основном, на снижении поверхностной энергии наноразмерных наполнителей за счет их поверхностной обработки специальными препаратами, чаще всего поверхностно-активными веществами (ПАВ) [16]. Однако задача подбора ПАВ, также, как и наполнителей, является весьма сложной задачей, которая решается индивидуально для каждого из технологических процессов получения нанокomпозиционных синтетических волокнистых материалов. Примером может служить получение пленочных полипропиленовых нитей, наполненных углеродными нанотрубками, характеризующихся повышенной прочностью и пониженным электрическим сопротивлением [13,14].

Кроме использования ПАВ, известны некоторые другие способы стабилизации наноразмерных частиц, используемых в качестве наполнителей при получении наномодифицированных синтетических волокон, в частности, импрегнирование металлосодержащих наночастиц в процессе их синтеза в полиолефиновую матрицу [17].

Проведенными в ИХР РАН исследованиями показана возможность и эффективность объемного модифицирования полипропиленовых нитей на основе использования в качестве наполнителей для них микроколичеств нанокomпозита, представляющего собой наноразмерные металлосодержащие частицы, иммобилизованные в полиэтиленовой матрице [17-21]. Стабилизированные наночастицы равномерно распределяются во внутренних областях нити. Показано, что введение в полипропилен небольших (до 7.5 % масс.) количеств стабилизатора наночастиц (полиэтилена низкой плотности) не вызывает снижения прочности композиционной нити [17,19,20,21]. Установлено, что использование стабилизированных металлосодержащих наночастиц обеспечивает увеличение относительной разрывной нагрузки полипропиленовых нитей без снижения разрывного удлинения и ухудшения трибологических характеристик нитей, 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 [17,19]. Кроме того, полипропиленовые нити, модифицированные наноразмерными металлосодержащими частицами, оказывают ингибирующее действие на развитие всех видов болезнетворных микроорганизмов [18,19,21].

Возможны также такие варианты реализации процесса наполнения композиционных нитей, при которых присутствие некоторого количества наполнителя в микроразмерном состоянии не оказывает отрицательного воздействия на свойства модифицированных нитей. К указанным процессам можно отнести способ получения композиционной полипропиленовой нити в процессе её формирования ультрадисперсным политетрафторэтиленом (ПТФЭ) [10,22-27].

Показано, что воздействие на структуру полипропиленовой нити ПТФЭ происходит по смешанному механизму. Низкодисперсные частицы ПТФЭ на стадии ориентационного

вытягивания в нагретом состоянии образуют прочные «псевдоволокна» с высоким аспектным отношением и ориентируются параллельно фибриллам волокнообразующего полимера. «Псевдоволокна» ПТФЭ, аналогично прочным волокнистым наполнителям, играют роль армирующих элементов, обеспечивая изменение условий перенапряжения на краях растущих трещин. Благодаря высокой способности ПТФЭ к пластической деформации, присутствие наполнителя не вызывает повышения жесткости нитей. Как показало определение размеров и степени ориентации кристаллитных образований полипропиленовой нити, после модифицирования они не изменяются. Это свидетельствует о том, что частицы высокодисперсной фракции наполнителя при кристаллизации полипропилена не оказывают зародышеобразующего действия. Однако они обеспечивают усиление межфазной адгезии [24-26].

В результате увеличивается разрывная нагрузка нитей, штапельного волокна и волокнистых материалов на их основе. Повышается равномерность нитей, о чем свидетельствует снижение на 5-8% коэффициента вариации по разрывной нагрузке для композиционных нитей по сравнению со стандартными [25,26].

При введении ультрадисперсного ПТФЭ в расплав волокнообразующего полимера происходит также изменение свойств поверхности нитей. Незначительная часть ПТФЭ (менее 1%) локализуется на поверхности нити. Это приводит к увеличению глубины впадин на её поверхности [10].

Следствием изменения химического состава и морфологии поверхности является возрастание гидрофобности композиционного материала на основе полипропилена, что важно для геотекстильных нетканых полотен, часто выполняющих гидроизоляционные функции [27].

Таким образом, введение в полипропилен в процессе формования нити 1-2% ультрадисперсного ПТФЭ способствует значительному улучшению потребительских свойств нитей и волокнистых материалов на их основе, за счет появления УПТФЭ на поверхности нити улучшается её способность к переработке.

Другим направлением получения композиционных нитей на основе полипропилена является нанесение на поверхность нити устойчивого ультратонкого покрытия. Такие нити, как это характерно для композитов, приобретают улучшенные и новые потребительские характеристики. Так ранее в ИХР РАН был предложен принципиально новый подход к получению из термопластичных полимеров нитей, обладающих свойствами, подобными свойствам фторопластовых нитей – хорошими антиадгезионными характеристиками (высокой гидрофобностью, малой загрязняемостью), низким коэффициентом трения [28,29]. Суть способа заключается в формировании на поверхности нитей из термопластичных полимеров устойчивого ультратонкого покрытия на основе политетрафторэтилена (ПТФЭ) [21,30]. Для обеспечения адгезии ПТФЭ к поверхности нити суспензия ПТФЭ СФ-4Д наносится на поверхность полуотвержденной нити в процессе её формования из расплава. В дальнейшем, на стадии ориентационного вытягивания, толщина покрытия, за счет способности фторопласта к псевдотекучести и высокого коэффициента теплового расширения, значительно уменьшается, покрытие приобретает равномерность и становится ориентированным. Такие нити имеют поверхность из ПТФЭ и обладают свойствами фторопласта. Однако, наряду с преимуществами фторопласта, нити обладают и его недостатками, в частности, сильно электризуются. Для снижения электризуемости в процессе эксплуатации нити с покрытием и, одновременно, придания нитям биоцидных свойств, было предложено внедрить в структуру покрытия на основе ПТФЭ ультрадисперсные частицы магнетита. Для сохранения ультрадисперсности их предварительно стабилизировали термостойким поверхностно-активным веществом – стеаратом натрия.

Установлено, что наличие в составе покрытия ПТФЭ обеспечивает возможность реализации ориентационного вытягивания при температурах, превышающих стандартные, что приводит к значительному повышению прочностей нитей [31]. Допирование покрытия

ультрадисперсными частицами магнетита, обладающими сильным биоцидным действием и проводимостью, обеспечивает придание нити барьерных антибактериальных свойств и пониженного поверхностного электрического сопротивления. Нить с покрытием на основе ПТФЭ, допированным стабилизированными частицами магнетита, проявляет также экстремально высокую химическую стойкость, подобную химической стойкости фторполимерных нитей. Покрытие характеризуется высокой устойчивостью к истирающим воздействиям, что свидетельствует о его долговечности [32].

Все перечисленные свойства нити с покрытием на основе ПТФЭ, допированным стабилизированными наночастицами магнетита, делают её пригодной для изготовления интерьерных материалов, которые можно эксплуатировать в салонах транспорта, а также местах большого скопления детей, людей с ослабленным иммунитетом, с проблемами физического развития, престарелых. – в детских садах, интернатах, больницах, домах престарелых.

Описанные в лекции композиционные волокнистые материалы на основе полипропилена имеют как самостоятельное значение (являются материалами для текстильных изделий широкого назначения), так и могут служить волокнистыми наполнителями для изготовления более традиционных композитов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Липатов, Ю.С. Физико-химические основы наполнения полимеров / Ю.С. Липатов. - М.: Химия, 1991. – 260 с.
2. Coleman, J.N. Mechanical Reinforcement of Polymers Using Carbon Nanotubes / J.N. Coleman, U. Khan, Y.K. Gun'ko // *Adv. Mater.* - 2006. - V.18. - P. 689 – 706.
3. Tasis D., Tagmatarchis N., Bianco A., Prato M. Chemistry of carbon nanotubes / D. Tasis, N. Tagmatarchis, A. Bianco, M. Prato // *Chem. Rev.* - 2006. -V. 106. - P. 1105 -1136.
4. Hussain, F. Polymer-matrix Nanocomposites, Processing, Manufacturing, and Application: An Overview / F. Hussain, M. Hojjati, M. Okamoto, R.E. Gorga // *J. Compos. Mater.* - 2006. - V. 40. - P. 1511-1575.
5. Byrne, M.T. Chemical functionalization of carbon nanotubes for the mechanical reinforcement of polystyrene composites / M.T. Byrne, W.P. McNamee, Y.K. Gun'ko // *Nanotechnology.* - 2008. - V. 19. - 415707.
6. Ma, J. Preparation of polypropylene/sepiolite nanocomposites using supercritical CO<sub>2</sub> assisted mixing / J. Ma, E. Bilotti, T. Peijs, J.A. Darr // *Europ. Polym. J.* - 2007. - V. 43. - P. 4931-4939.
7. Franchini, E. Sepiolite-based epoxy nanocomposites: Relation between processing, rheology, and morphology / E. Franchini, J. Galy, J.-F. Gerard // *J. Coll. Interface Sci.* - 2009. - V.329. - P.38-47.
8. ГОСТ 13784-94. Волокна и нити текстильные. Термины и определения (ИСО 6938—84. *Материалы текстильные, натуральные волокна. Общие названия и определения*).
9. ГОСТ 27244-93. Производство химических волокон. Термины и определения (ИСО 8159-87. *Текстиль. Морфология волокна и пряжи. Словарь*)
10. Пророкова, Н.П. Поверхностные свойства полипропиленовых волокнистых материалов, модифицированных ультрадисперсным политетрафторэтиленом / Н.П. Пророкова, С.Ю. Вавилова, Т.Ю. Кумеева, В.М. Бузник // *Физикохимия поверхности и защита материалов.* - 2013. - Т. 49, №1. - С. 104 – 110.
11. Цобкалло, Е.С. Влияние ориентационной вытяжки на физико-механические свойства полипропиленовых пленочных нитей, наполненных наночастицами технического углерода / Е.С. Цобкалло, А.С. Баланёв, В.Е. Юдин, О.А. Москалюк // *Известия ВУЗов Технология легкой промышленности.* – 2010. - №4. - С.25-29.
12. Москалюк, О.А. Электропроводность полипропиленовых волокон с дисперсными углеродными наполнителями / О.А. Москалюк, А.Н. Алешин, Е.С. Цобкалло, А.В. Крестинин, В.Е. Юдин // *Физика твердого тела.* – 2012. – Т. 54, № 10. - С.1994-1999.
13. Москалюк, О.А. Механические и электропроводящие свойства полипропиленовых волокон, наполненных углеродными нанотрубками с функционализированной поверхностью

- / О.А. Москалюк, Е.С. Цобкалло, В.Е. Юдин, М.Я. Гойхман, А.В. Добродумов, Е.Н. Власова, Е.М. Иванькова, А.Н. Алёшин // Журнал прикладной химии. - 2012. – Т. 85, №6. - С. 977-982.
14. Москалюк, О.А. Свойства полипропиленовых пленочных нитей, наполненных углеродными наночастицами / О.А. Москалюк, А.В. Шибанова, Е.С. Цобкалло, Б. Аксакал // Дизайн. Материалы. Технология. – 2015. - № 5(40). - С. 99-102.
15. Третьяков, Ю.Д. Процессы самоорганизации в химии материалов / Ю.Д. Третьяков // Успехи химии. - 2003. - Т. 72, вып. 8. - С. 731 - 763.
16. Геллер, Б.Э. О возможности получения нанокompозитных текстильных нитей / Б.Э. Геллер // Химические волокна. - 2013. - № 2. - С. 3 – 9.
17. Пророкова, Н.П. Модифицирование полипропиленовых нитей с использованием наноразмерных металлсодержащих частиц, иммобилизованных в полиэтиленовой матрице / Н.П. Пророкова, С.Ю. Вавилова, М.И. Бирюкова, Г.Ю. Юрков, В.М. Бузник // Российские нанотехнологии. - 2014. - Т. 9, № 9-10. – С. 21-27.
18. Пророкова Н.П., Вавилова С.Ю., Кузнецов О.Ю., Бузник В.М. Антимикробные свойства полипропиленовых нитей, модифицированных стабилизированными полиэтиленом металлсодержащими наночастицами // Российские нанотехнологии. - 2015. - Т. 10, № 9-10. - С. 50 – 57.
19. Пророкова Н.П., Вавилова С.Ю., Бирюкова М.И., Юрков Г.Ю., Бузник В.М. Полипропиленовые нити, модифицированные стабилизированными в полиэтилене железосодержащими наночастицами // Химические волокна. - 2015. - № 5. - С. 53 – 58.
20. Пророкова Н.П., Бузник В.М. Новые методы модифицирования синтетических волокнистых материалов // Российский химический журнал (Журнал РХО им. Д.И. Менделеева). - 2015. - Т. LIX, № 3. - С. 52-59.
21. Пророкова Н.П., Вавилова С.Ю. Объемное и поверхностное модифицирование полипропиленовых нитей на стадии их формования из расплава // Химические волокна - 2018. - № 3. - С. 89-93.
22. Пророкова Н.П., Вавилова С.Ю., Морыганов А.П., Базаров Ю.М., Терехов А.С., Бузник В.М. Патент RU № 2394945. Композиция для получения комплексных полипропиленовых нитей // Заявка 2009122686 от 16 июня 2009 г. Оpubл. Б.И. 2010, №20.
23. Пророкова Н.П., Вавилова С.Ю., Морыганов А.П., Базаров Ю.М., Терехов А.С., Бузник В.М. Патент RU № 2411312 Способ получения комплексных полипропиленовых нитей // Заявка 2009122685 от 16 июня 2009 г. Оpubл Б.И. 2011, № 4.
24. Пророкова Н.П., Вавилова С.Ю., Бузник В.Н., Завадский А.Е. Модифицирование полипропиленовых волокнистых материалов ультрадисперсным политетрафторэтиленом // Высокомолекул. соединения. Сер. А. - 2013. - Т. 55, № 11. – С. 1333-1342.
25. Пророкова Н.П., Бузник В.М., Кирюхин Д.П., Кумеева Т.Ю., Вавилова С.М. Перспективные направления модификации синтетических материалов иммобилизацией ультра- и наночастиц фторполимеров // Дизайн. Материалы. Технология. - 2009. - № 4(11). – С. 95 – 99.
26. Пророкова Н.П., Вавилова С.Ю., Бузник В.Н. Новый подход к модифицированию полипропиленовых волокнистых материалов в процессе их получения // Дизайн. Материалы. Технология. - 2013. - № 5(30). – С. 93-98.
27. Пророкова Н.П., Вавилова С.Ю., Арсеньева С.А., Белова О.О. Получение нетканых полипропиленовых текстильных материалов с улучшенными качественными характеристиками // Текстильная промышленность. – 2011. - №6-7. С. 44-46.
28. Пат. 2522337 РФ / Пророкова Н.П., Вавилова С.Ю., Кумеева Т.Ю., Морыганов А.П., Бузник В.М. Синтетические нити с высокой хемостойкостью и низким коэффициентом трения. Заявлено 14.12.2012. Опубликовано 10.07.2014. Бюл. №19. Приоритет 14.12.2012.
29. Пат. 2522338 РФ / Пророкова Н.П., Вавилова С.Ю., Кумеева Т.Ю., Морыганов А.П., Бузник В.М. Способ получения синтетических нитей. Заявлено 14.12.2012. Опубликовано 10.07.2014. Бюл. №19. Приоритет 14.12.2012.

30. Prorokova N.P., Vavilova S.Y., Bouzник V.M. A novel technique for coating polypropylene yarns with polytetrafluoroethylene // *Journal of Fluorine Chemistry*. - 2017. - V. 204 – P. 50 – 58.
31. Пророкова Н.П., Вавилова С.Ю., Бузник В.М. Механические характеристики полученной по новой технологии полипропиленовой нити с покрытием на основе политетрафторэтилена // *Химическая технология*. – 2020. – Т. 21, №9. – С. 409-417.
32. Prorokova N., Vavilova S. Properties of polypropylene yarns with a polytetrafluoroethylene coating containing stabilized magnetite particles // *Coatings*. – 2021. – V. 11/ - 830.

**РАЗРАБОТКА АВТОРСКОЙ КОЛЛЕКЦИИ МОДЕЛЕЙ ОДЕЖДЫ ДЛЯ БРЕНДА  
«ALLO» В ТРЕНДАХ ИНТЕГРАЦИИ ИНДУСТРИИ МОДЫ В DIGITAL СРЕДУ**

**DEVELOPMENT OF AUTHOR'S COLLECTION OF CLOTHING MODELS FOR THE  
"ALLO" BRAND IN THE TRENDS OF INTEGRATION OF THE FASHION INDUSTRY  
IN THE DIGITAL ENVIRONMENT**

С.О. Абилова, Н.А. Сахарова  
S.O. Abilova, N.A. Sakharova

Ивановский государственный политехнический университет  
Ivanovo State Politechnical University  
E-mail: sabinaabilova07683@gmail.com, natal\_77@bk.ru

**Рассмотрены возможности использования 3d технологий в fashion индустрии для продвижения авторского бренда начинающего дизайнера. Произведена оценка реакций покупателей бренда на замену фотографий готовых изделий - 3d копиями при продвижении продукции через SMM.**

**Ключевые слова:** fashion индустрия, digital среда, коллекция одежды, бренд, социальные сети, цифровая мода

**The possibilities of using 3d technologies in the Fashion industry to promote an author's brand are considered. An assessment of the reactions of brand buyers to the replacement of photographs of finished products with 3d copies was made.**

**Key words:** fashion industry, digital environment, clothing collection, brand, social networks, digital fashion

Такие факторы, как загрязнение окружающей среды и переживаемая миром пандемия коронавируса ускорила процесс цифровизации различных сфер деятельности, в том числе fashion индустрии. На данном этапе развития digital fashion доступно создание цифровых луков - аналогов реалистичных моделей. Технология генерирования 3d моделей до их материального изготовления позволяет перейти брендам на новую модель бизнеса – «дизайн-продажа-производство», вместо привычной ранее схемы «дизайн-производство-продажа». Дижитализация предполагает выпуск цифровых коллекций, а потом уже их ввод в производство. Кроме того, представление цифровых моделей в онлайн ритейле дает возможность производителю правильно скоординировать маркетинг, определить те виды одежды, которые покупатели чаще смотрят, оценивают лайками или комментариями. Данный подход есть одно из направлений трансформации модели бизнеса в сторону цифровой экосистемы. Изменение стадийности традиционных процессов производства одежды переориентирует экономику на ресурсосбережение, решит проблему перепроизводства.

В настоящей работе приведен пример разработки цифровых моделей бренда «Алло» (г.Иваново) и их продвижение через SMM. Поставлена задача – оценить, готов ли современный потребитель при покупке одежды в онлайн ориентироваться не на фотоизображение реальной модели, а ее цифровую копию.

Так, например, ООО «Вайлдерриз» на одноименной ритейл-платформе уже представляет цифровые модели. Это тестовый вариант (рис.1).

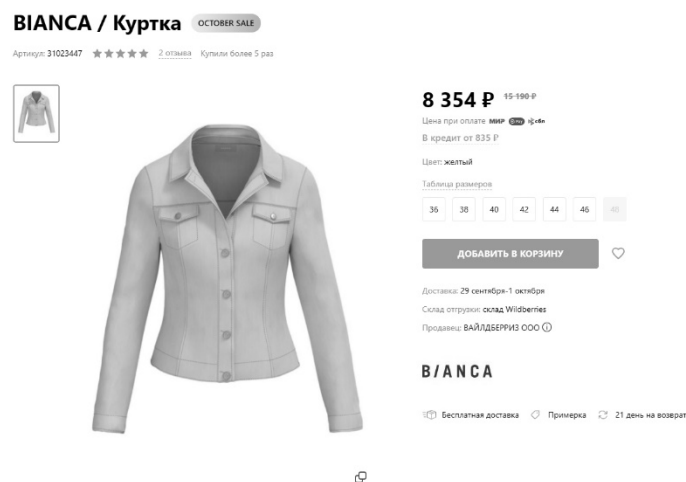


Рис.1. Пример использования цифровой одежды на Wildberries

Бренд «Алло» – это стартап начинающего дизайнера одежды, студента магистратуры кафедры конструирования швейных изделий ИВГПУ Абиловой С.О. Специализируется на производстве моделей молодежной одежды.

В рамках нового направления запущена разработка авторской коллекции женской одежды, выполнены эскизы и мудборд, отражающие основную концепцию (рис.2). Коллекция задумана в винтажном стиле с элементами барокко.

Костюмы прошлых лет гармонично вписываются в современную жизнь. Возрождаются модные тенденции различных эпох, в том числе барокко. Изысканность, изящество, пампезность не оставят без внимания в социуме поклонников этого стилевого направления. При умелом подборе элементов в ансамбль и с добавлением стилевых «ноток», образ становится оригинальным, неповторимым и по-настоящему роскошным [1-2]. В нем сочетаются театральность и огромное внимание к деталям. Данный стиль отлично впишется в коллекцию сезона зима-лето 2022-2023 по данным тренд-бюро WGSN.



Рис.2. Эскизы коллекции, совмещенные с мудбордом

Выполнена разработка цифровых моделей в CLO3D (рис.3). Проработана фактура материалов, конструктивное решение. Затем представленные 3д модели были размещены на онлайн платформе бренда «Алло» с целью получения обратной связи от потребителей. Таким образом, реализован принцип трансформации бизнес-модели, в которой первична не материальная модель, а ее цифровая копия. Использованы ресурсы SMM для продвижения моделей. В опросе приняло участие 36 пользователей (см. рис.3).

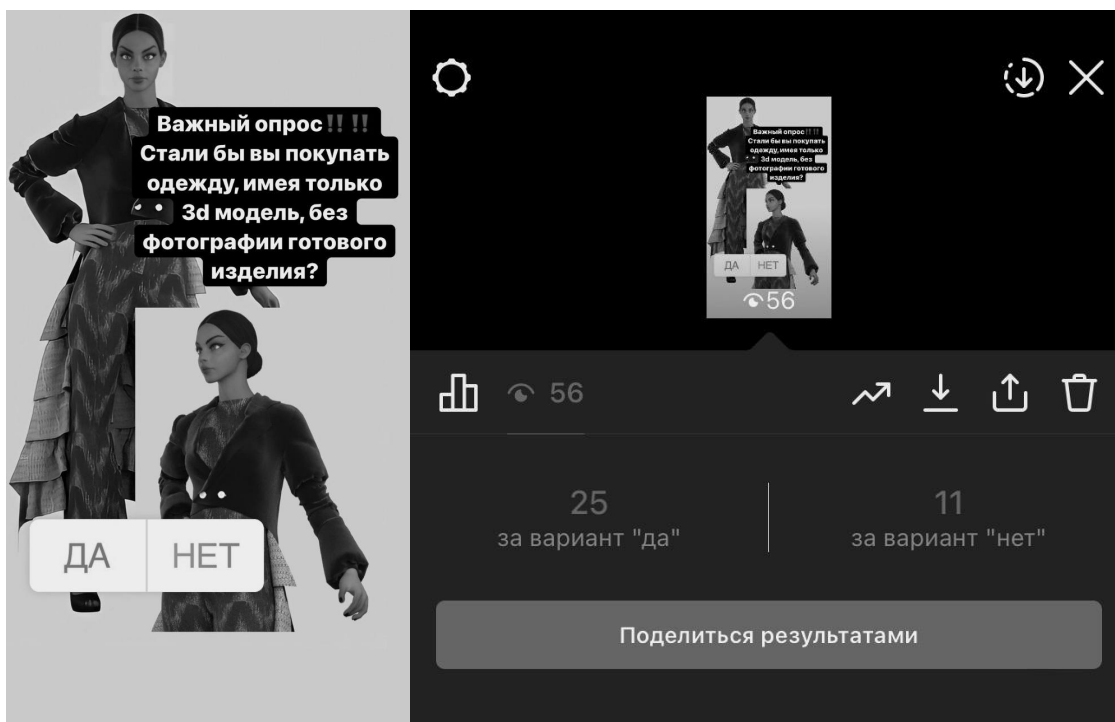


Рис.3. Пример 3D одной из моделей коллекции и результаты онлайн опроса

Мнение покупателей разделилось. 70% опрошенных готовы покупать одежду, основываясь лишь на вид 3D модели, 30% - нет. Для адаптации новых форматов позиционирования 3D моделей в онлайн ритейле нужно время. Трансформации индустрии моды в сторону дигитализации уже очевидна и многие бренды уже имеют в своем арсенале не только цифровые копии моделей, но и цифровые шоурумы, магазины. Потребность в 3D моделях наметилась не только с позиций промышленного производства, она востребована теми, кто вовлечен в геймификацию. Цифровые модели стали предметом коллекционирования в качестве NFT.

Будущее обещает ещё больше удобств. Возможно во время общения онлайн можно будет обойтись без реальной одежды. Подобрать костюм по ситуации поможет виртуальное ателье. Внедрение новых технологий сканирования фигуры, AR/VR технологий и возможностей виртуальной примерки приведет к росту доверия к онлайн-шопингу и росту доли онлайн-ритейла на рынке. Это минимизирует процент возврата товара, решит проблему перепроизводства одежды, а значит выведет экономику на уровень разумного потребления ресурсов [3,4].

#### ЛИТЕРАТУРА

- 1.Абилова, С.О. Использование ресурсов SMM для продвижения авторского бренда в fashion индустрии по итогам первого образовательного конгресса FHUB CONGRESS IVANOVO / С.О.Абилова, Н.А.Сахарова // Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX-2020). – Иваново: ИВГПУ. – 2020. – С.237-239. DOI 10.47367/2413-6514\_2020\_1\_237
- 2.Стиль "Винтаж". Электронный ресурс - <https://vplate.ru/stili-odejdy/vintazh/>
3. Кибер-одежда. Электронный ресурс- <https://vc.ru/design/140348-kiber-odezhda-virtualnoe-ateli-i-ar-primerohnaya-kak-razvivaetsya-cifrovaya-industriya-mody>
4. Сахарова, Н.А. Цифровая мода – новая траектория развития fashion индустрии / Н.А.Сахарова // Light Conf 2021. «Наука - Технологии - Производство»: матер. международн. науч.-технич. конф. 29-31 марта 2021 г. / СПб.: ФГБОУВО «СПбГУПТД», 2021. – С.33-34.



## ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ЧУЛОЧНО-НОСОЧНОЙ ПРОДУКЦИИ ИЗ ПОЛИАМИДА

### THE FEATURES OF PRODUCTION OF POLYAMIDE HOSIERY PRODUCTS

З.А. Асхабова, Ю.Д. Шулаева, Е.Л. Владимирцева  
Z.A. Askhabova, Yu.D. Shulaeva, E.L. Vladimirtseva

Ивановский государственный химико-технологический университет  
Ivanovo State University of Chemistry and Technology  
E-mail: zaira.askhabova@t-profi.ru

В статье представлены возможности отечественного производства чулочно-носочных изделий из полиамида. Описаны практически реализованные пути решения возникающих проблем.

Ключевые слова: трикотаж, красители, полиамидное волокно.

The article presents the possibilities of domestic production of hosiery from polyamide. Practically implemented ways of solving emerging problems are described.

Key words: knitwear, dyes, polyamide fiber.

Чулочно-носочные изделия из полиамидного волокна относятся к наиболее востребованным продуктам, выпускаемым отечественным трикотажным производством. Ведущую роль при этом играют материалы, из которых изготовлена продукция. Основным сырьем для них являются волокнообразующие полимеры полиамид 6 ((-NH-(CH<sub>2</sub>)<sub>5</sub>-CO-)n) и полиамид 6.6 ([-NH-(CH<sub>2</sub>)<sub>6</sub>-NH-CO-(CH<sub>2</sub>)<sub>4</sub>-CO-]n). Для получения износостойких, эластичных, прозрачных изделий с хорошим внешним видом используются полиамидные нити в сочетании с эластомерными нитями. Благодаря разнообразному сочетанию этих волокон возможно получение широкого ассортимента чулочно-носочной продукции. В работе рассматривается производство чулочно-носочных изделий на одной из российских фабрик и предлагается решение проблем, возникающих в процессе выработки продукции.

Производство полиамидных чулочно-носочных изделий включает в себя этапы, представленные на рис.1.

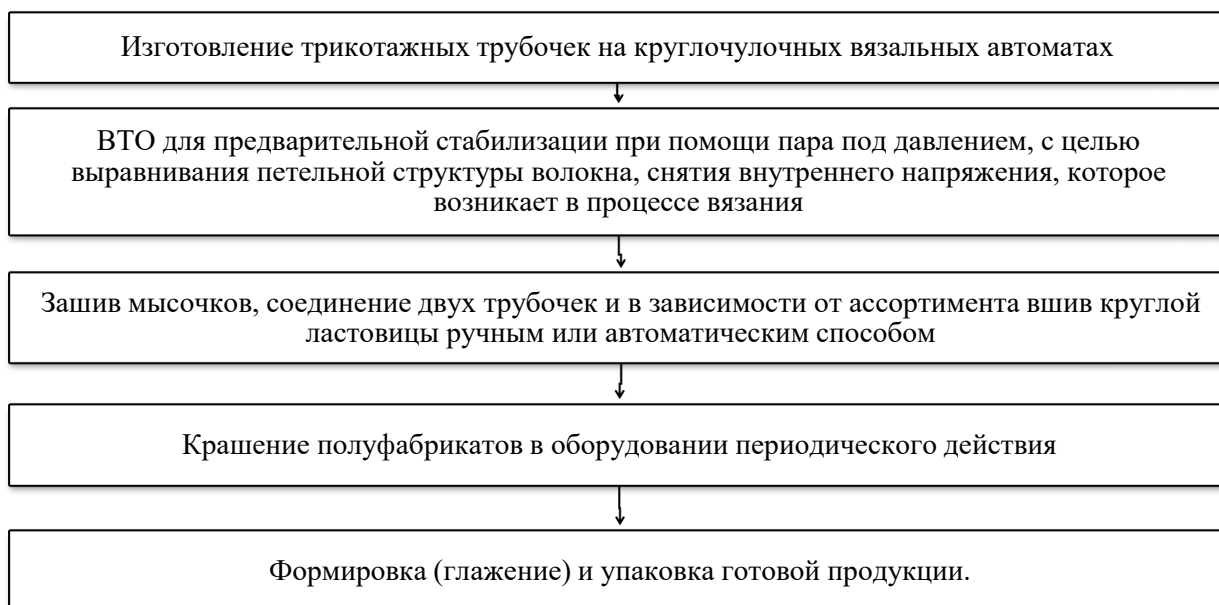


Рис. 1. Схема производства чулочно-носочных изделий из полиамида

Вся обрабатываемая продукция подразделяется по роду волокон, характеру переплетения, толщине нитей, весовым характеристикам и характеру подготовки сырья. В зависимости от этих данных выбираются виды крашения, классы красителей, а также методы обработки и оборудование. Плотность чулочно-колготочной продукции определяется составом смеси и толщиной нитей, обозначается DEN (денье — чисто техническая характеристика толщины волокна, которая определяет плотность изделия, зависящая от количества и качества волокон, схемы их переплетения в ткани или полотне). Чем выше этот показатель, тем колготки плотнее. Всего существует несколько типов плотности: 5–10 DEN – ультратонкие, 10–15 DEN – тонкие, 20–40 DEN – средние, 50–200 DEN – плотные колготки.

Несмотря на то, что полиамидное трикотажное полотно не содержит трудноудаляемых примесей, его подготовка имеет ряд нюансов. Целью подготовки является удаление замасливателей, водорастворимых красителей, которые используются для маркировки нитей, и случайных загрязнений. Содержание замасливателей на волокнах и нитях достигает 3-3,5% от массы волокна, но с увеличением износа деталей вязального оборудования количество масла, которое попадает на полуфабрикат, значительно увеличивается. [1]

В трикотажной промышленности для крашения преобладает оборудование периодического действия. Это объясняется, с одной стороны, особенностями структуры трикотажных полотен и изделий, а с другой — тем, что высокопроизводительные красильные линии не позволяют получить большого разнообразия цветов и оттенков из-за высокой скорости обработки на этих линиях и сложности перехода с одного цвета на другой. В настоящее время в основном для крашения полиамидных колготок используют кислотные красители. [2]

Технологический процесс крашения чулочно-носочных изделий из капроновых нитей включает в себя следующие этапы (рис.2).

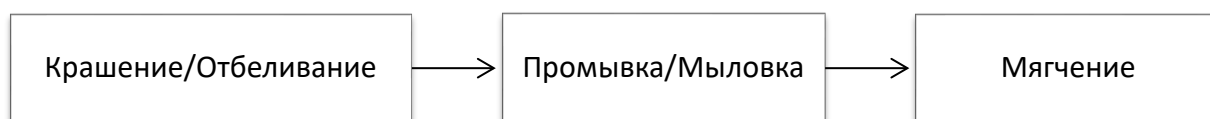


Рис.2. Схема крашения чулочно-носочных изделий из полиамида

Полиамидные нити в основном не содержат трудноудаляемых загрязнений, но встречаются случаи, когда техническое масло от вязального оборудования попадает на поверхность полотна. В этом случае применяют отварку перед крашением [3].

Выбор типа красильного оборудования зависит от вида готовых изделий. В качестве оборудования для крашения колготок в настоящее время используют два типа оборудования: красильные шкафы «Flainox», «Grandis» (Италия) и красильно-отжимные машины барабанного типа «Flainox» (Италия), «Радуга-125» (Россия). [4-5]

Крашение в шкафах осуществляется в основном тонкого ассортимента, что связано с принципом работы оборудования. Шкаф разделен на несколько полок, куда укладывается полуфабрикат в сетчатых мешках. Обработка материала красильным раствором осуществляется за счет циркуляции воды с помощью насоса. При таком способе крашения колготки находятся в свободном состоянии и практически не подвержены механическому воздействию, что позволяет минимизировать возникновение зацепок и затяжек.

Крашение чулочно-носочных изделий из микрофибры, более толстого ассортимента (50 и более DEN), а также колготок без эластомерной нити, т.е. полуфабрикатов менее подверженных образованию затяжек, осуществляется в красильно-отжимных машинах барабанного типа. В сетчатых мешках изделия укладываются в перфорированный барабан, который разделен на 4 секции. Эти аппараты работают по принципу передвижения изделий в неподвижном красильном растворе (принцип стиральной машины). Преимуществом красильно-отжимных машин перед шкафами является возможность более интенсивной обработки полуфабрикатов рабочим раствором, за счет реверсивного вращения барабана.

Критериями оценки качества крашения являются степень соответствия тона и интенсивности окраски эталону, ровнота и устойчивость окраски к различным физико-химическим воздействиям.

Основными причинами несоответствия тона полученного цвета являются нарушение технологического режима и рецептуры, плохая подготовка волокнистых материалов и водоподготовка.

Одним из дефектов крашения является неравномерность окраски. Причинами его возникновения могут быть различия в физико-механических свойствах сырья; неполное удаление замасливателей, нарушение режима крашения (температуры, скорости нагревания, последовательность и скорость подачи ТВВ), плотная упаковка партии в красильном оборудовании и т.д. Проявляется в виде белых или светлых пятен по всей поверхности изделия.

Несоблюдение режима термостабилизации приводит к разнооттеночности колготок. В одной партии могут встречаться изделия разных тонов, причем бывают случаи когда обе ноги разного оттенка (происходит в результате сшивания двух трубочек, которые запаривались в различное время). Использование в производстве разных поставщиков сырья, так же влияет на разнооттеночность.

В связи с тем, что чулочная продукция представляет собой трикотажную трубочку, которая при дальнейших обработках принимает плоскую форму, образуются складки. На месте складок проявляются заломы в виде уплотненных, темных полос на месте сгибов полотна. При термостабилизации колготки укладываются в специальные ящики и при дальнейшей температурной обработке происходит заваривание складок на месте сгибов трубочек. Такой дефект чаще всего встречается на колготках более 50 den и изделий, содержащих микрофибру.

При вязании трубочек возможно попадание машинного масла на поверхность полуфабриката, это связано с износом деталей оборудования. Пропитанные маслом колготки проходят все этапы, и после упаковки проявляется в виде жирных пятен на поверхности упаковки.

Подтеки могут возникнуть в результате плохой промывки после крашения и длительного вылеживания партии в мокром состоянии.

Для исправления дефектов крашения в основном существует два пути: перекрашивание в более темные тона или полное удаление красителя путем его разрушения и дальнейшее подкрашивание. Выбор пути зависит от вида дефекта.

Таким образом, при правильной организации процессов с максимально возможным соблюдением регламента, применением научных разработок, совершенствованием технологических процессов, реальностью становится выпуск отечественной продукции высокого качества.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Чешкова, А.В. Химические технологии и оборудование трикотажного отделочного производства: учеб.пособие / А.В. Чешкова; Иван. гос. хим.-технол. ун-т. Иваново, 2008. -113 с.
2. Ковтун, Л.Г. Технология отделки трикотажа / Л.Г. Ковтун. - М: Легпромбытиздат, 1990. – 400с.
3. Миронова, А.А. Повышение качества крашения чулочно-носочных изделий из полиамида // А.А. Миронова, З.А. Асхабова, А.Э. Джумаева, Е.Л. Владимирцева, С.В.Смирнова // Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX). -Иваново: ИВГПУ, 2020. - С. 340-343
4. Кожурин, И.А. Оборудование трикотажно-отделочного производства – М: Легпромбытиздат, 1989.- 336 с.
5. Шалов, И.И. Проектирование трикотажного производства / И.И. Шалов, Л.А. Кудрявин. – М: Легпрмбытиздат, 1989.- 288 с.

**ПОЛИЭФИРНАЯ ТКАНЬ С ПОКРЫТИЕМ НА ОСНОВЕ ДИОКСИДА ТИТАНА,  
СФОРМИРОВАННЫМ РАЗЛИЧНЫМИ МЕТОДАМИ:  
АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫЕ И ФУНГИЦИДНЫЕ СВОЙСТВА**

**POLYESTER FABRIC WITH COATING ON THE BASE OF TITANIUM DIOXIDE,  
FORMED BY VARIOUS METHODS: ANTIBACTERIAL AND FUNGICIDAL  
PROPERTIES**

В.М. Бажанов<sup>1</sup>, А.А. Трифонова<sup>2</sup>, О.Ю. Кузнецов<sup>3</sup>, Н.П. Пророкова<sup>2,4</sup>  
V.M. Bazhanov<sup>1</sup>, A.A. Trifonova<sup>2</sup>, O.Yu. Kuznetsov<sup>3</sup>, N.P. Prorokova<sup>2,4</sup>

<sup>1</sup>Лицей № 21 (Россия, Иваново)

<sup>1</sup>Lyceum No 21 (Russia, Ivanovo)

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

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

<sup>3</sup>Ивановская государственная медицинская академия

<sup>3</sup>Ivanovo State Medical Academy

<sup>4</sup>Институт химии растворов им. Г.А. Крестова Российской академии наук, г. Иваново

<sup>4</sup>G.A. Krestov Institute of Solution Chemistry of Russian Academy of Science, Ivanovo

E-mail: vbazhanov37@mail.ru; npp@isc-ras.ru

Рассмотрено формирование на полиэфирной ткани покрытий на основе диоксида титана методами осаждения из суспензии, синтезированной золь-гель методом, и магнетронного напыления. Проведено сравнение антибактериальных и фунгицидных свойств ткани с покрытиями, сформированными различными способами.

Ключевые слова: полиэфирная ткань, покрытие, диоксид титана, биоцидные свойства, фунгицидные свойства.

The formation of coatings based on titanium dioxide on a polyester fabric by deposition from a suspension synthesized by the sol-gel method and magnetron sputtering is considered. Comparison of antibacterial and fungicidal properties of fabrics with coatings formed by different methods is carried out.

Keywords: polyester fabric, coating, titanium dioxide, biocidal properties, fungicidal properties.

Волокнистые материалы с антибактериальными и фунгицидными свойствами пользуются постоянно растущим спросом. Они необходимы для производства медицинской одежды, защитных масок, белья для медицинских и социальных учреждений и т.п. Раньше для придания волокнистым материалам антибактериальных свойств использовались дезинфицирующие препараты типа триклозана. Однако в последнее время у людей все чаще стали проявляться аллергические реакции на такие препараты. Кроме того, серьезной проблемой является привыкание бактерий к препаратам такого типа. Решением проблем аллергии и резистентности является использование для придания антибактериальных и фунгицидных свойств волокнистым материалам вместо антибактериальных препаратов наноразмерных металлсодержащих частиц, обладающих высокой антимикробной активностью. Они не резистентны и не вызывают у людей аллергических реакций. К таким частицам относятся наночастицы диоксида титана.

В настоящей работе оценивались антибактериальные и фунгицидные свойства полиэфирной ткани с покрытиями на основе диоксида титана, нанесенного двумя способами: осаждением из суспензии диоксида титана, полученной золь-гель синтезом [1-5], и реактивным магнетронным напылением [6,7].

На поверхности каждой нити, образующей ткань, формируется ультратонкое покрытие диоксида титана. Процесс формирования покрытий был организован таким образом, чтобы их

толщина в обоих случаях составляла примерно  $\sim 100$  нм. В ряде экспериментов был использован диоксид титана, допированный серебром. В случае магнетронного напыления аналогичного содержания серебра в покрытии достигали напылением слоя серебра  $\sim 6$  нм.

Известно, что диоксид титана обладает способностью эффективно ингибировать жизнедеятельность патогенных бактерий при облучении светом видимого и УФ-диапазонов [8-10]. Однако представления о процессе воздействия наночастиц  $\text{TiO}_2$  на *грам*-положительные и *грам*-отрицательные бактерии до сих пор не являются полными и детальными, большинство исследователей считает, что ингибирование бактерий осуществляется по фотокаталитическому механизму. Его основой является дезактивация бактерий под действием различных радикалов, которые образуются в присутствии полупроводникового фотокатализатора при участии как фотоэлектронов из зоны проводимости, так и фотодырок из валентной зоны [11-13]. Однако известно, что биологическая активность диоксида титана возрастает с увеличением его количества, а полиэфирная ткань с ультратонким покрытием на основе диоксида титана содержит очень малое его количество. В связи с этим вопрос о том, обладает ли такая ткань биологической активностью, требует дополнительного изучения. Как было показано в работах [1-5], покрытие на основе диоксида титана, осажденное из его суспензии, является плотным и обладает высокой адгезией к волокнистой подложке. Согласно современным представлениям о механизме образования тонких пленок в результате плазменного напыления [14], сформированное на поверхности материала магнетронным напылением покрытие также прочно связано с подложкой. Поэтому оценку антимикробного действия покрытия на основе диоксида титана осуществляли с на основе счетного метода, используемого для оценки антимикробного действия немигрирующих препаратов [15]. Данные об антимикробной активности ПЭФ ткани с покрытиями на основе диоксида титана, сформированными различными способами, полученные на основании использования тестовых *грам*-положительных (*Staphylococ. Aureus*), *грам*-отрицательных (*E. Coli*) патогенных бактерий и условно патогенных микроорганизмов (*Candida albicans*) представлены в таблице.

Таблица 1

Антимикробные свойства ПЭФ ткани с покрытиями на основе  $\text{TiO}_2$

Вид покрытия на ПЭФ ткани	Рост (+) или ингибирование (-) патогенных культур, %		
	<i>E. coli</i>	<i>Staphylococ. aureus</i>	<i>Candida albicans</i>
Облучение УФ (365 нм) 6 ватт, 3 часа			
$\text{TiO}_2$ , магнетронное напыление	- 100 ± 5	- 80 ± 7	- 93 ± 4
$\text{TiO}_2$ , нанесение из суспензии (золь-гель синтез)	+ 31 ± 3	+ 63 ± 5	+ 83 ± 7
$\text{TiO}_2$ и Ag, магнетронное напыление	- 98 ± 6	- 79 ± 6	- 90 ± 5
$\text{TiO}_2$ , допированный Ag, нанесение из суспензии (золь-гель синтез)	- 50 ± 4	+ 35 ± 3	+ 8 ± 1
Без облучения			
$\text{TiO}_2$ , магнетронное напыление	- 97 ± 6	- 85 ± 4	- 93 ± 6
$\text{TiO}_2$ , нанесение из суспензии (золь-гель синтез)	+ 41 ± 3	+ 75 ± 5	+ 97 ± 5
$\text{TiO}_2$ и Ag, магнетронное напыление	- 99 ± 7	- 88 ± 5	- 93 ± 6
$\text{TiO}_2$ , допированный Ag, нанесение из суспензии (золь-гель синтез)	- 10 ± 2	+ 53 ± 4	+ 38 ± 3

Из таблицы следует, что антимикробное действие ткани с покрытием, сформированным магнетронным напылением, значительно выше, чем полученным из суспензии. Следует отметить, что УФ-облучение образцов с покрытиями на основе диоксида титана, сформированными магнетронным напылением, в отличие от покрытий, нанесенных из

суспензии диоксида титана, не приводит к повышению их антимикробной активности. По-видимому, воздействие на патогенные микроорганизмы покрытия из диоксида титана, сформированного магнетронным напылением, реализуется не по присущему полупроводникам фотохимическому механизму, а по механизмам, традиционным для преобладающего количества металлсодержащих наночастиц.

Существует две основных точки зрения на механизм токсического воздействия наночастиц на микроорганизмы [16-19]. Некоторые исследователи связывают его с высвобождением ионов с поверхности наночастиц и токсическим влиянием этих ионов на клетки микроорганизмов [20-22]. Другие считают, что металлсодержащие наночастицы выступают как самостоятельные биоцидные агенты, а ионы выполняют лишь вспомогательные функции [23,24]. Можно предположить, что структура сформированного магнетронным напылением покрытия на основе диоксида титана позволяет реализовать один из этих механизмов.

Таким образом, можно констатировать, что, несмотря на небольшое количество нанесенного магнетронным напылением диоксида титана, слой которого дополнительно покрыт сверхтонким слоем серебра, полиэфирная ткань с таким покрытием практически полностью инактивирует *грам*-отрицательные бактерии и оказывает интенсивное ингибирующее воздействие на условно патогенные микрогрибы и *грам*-положительные бактерии. Инактивирующее воздействие при этом реализуется не по фотокаталитическому механизму.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Пророкова Н.П., Кумеева Т.Ю., Агафонов А.В., Иванов В.К. Модифицирование полиэфирной ткани наноразмерным диоксидом титана с целью придания фотоактивности // Перспективные материалы. – 2017. - № 1. – С. 19-29.
2. Пророкова Н.П., Кумеева Т.Ю., Холодков И.В. Фотохимическая активность полиэфирных тканей, модифицированных наноразмерным диоксидом титана, допированным металлами // Все материалы. Энциклопедический справочник. – 2017. - № 10. – С. 2 – 8.
3. Пророкова Н.П., Кумеева Т.Ю., Кузнецов О.Ю. Антимикробные свойства полиэфирных тканей, модифицированных наноразмерным диоксидом титана // Перспективные материалы. - 2017. - № 11. – С. 34 – 44.
4. Пророкова Н.П., Кумеева Т.Ю., Герасимова Т.В., Агафонов А.В. Влияние структуры нанокompозитов на основе диоксида титана, допированного железом, на фотокаталитическую активность модифицированных ими полиэфирных тканей // Неорганические материалы. – 2017. - Т. 53, № 12. - С. 1365-1371.
5. Prorokova N., Kumeeva T., Kholodkov I. Formation of Coatings Based on Titanium Dioxide Nanosols on Polyester Fibre Materials // Coatings - 2020 - V. 10 (1), 82. – P. 1-14.
6. Оборотистов И.С., Горберг Б.Л., Кумеева Т.Ю., Пророкова Н.П. Полиэфирная ткань с покрытием на основе диоксида титана, сформированного методом магнетронного напыления // Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы: сб. материалов XXIII Междунар. науч.-практ. форума «SMARTEX-2020», – Иваново: ИВГПУ, 2020. – С. 352-354.
7. Оборотистов И.С., Горберг Б.Л. Фотокаталитические свойства полиэфирной ткани с покрытием на основе диоксида титана, полученным магнетронным напылением // Молодые ученые – развитию Национальной технологической инициативы (ПОИСК – 2021): сб. материалов Национальной (с международным участием) молодёжной научно-технической конференции. – Иваново: ИВГПУ, 2021. - С. 359-362.
8. Rincon A.G., Pulgarin C. Photocatalytical inactivation of *E. coli*: effect of (continuous-intermittent) light intensity and of (suspended-fixed)  $TiO_2$  concentration // Appl. Catal. B: Environ. – 2003. – V. 44. – №3. – P. 263-284.
9. Shchukin D.G., Ustinovich E.A., Kulik A.I., Sviridov D.V. Heterogeneous photocatalysis in titania-containing liquid foam // Photochem. Photobiol. Sci. – 2004. – V. 3. – P. 157-159.

10. Robertson J.M.C., Robertson P.K.J., Lawton L.A. A comparison of the effectiveness of TiO<sub>2</sub> photocatalysis and UVA photolysis for destruction of three pathogenic microorganisms // *J. Photochem. Photobiol. A: Chem.* – 2005. – V. 175. – №1. – P. 51-56.
11. Prasad G.K., Agarwal G.S., Singh Beer, Rai G.P., Vijayaraghavan R. Photocatalytic inactivation of *Bacillus anthracis* by titania nanomaterials // *J. Hazard. Mater.* – 2009. – V. 165. – P. 506-510.
12. Linsebigler A.L., Lu G., Yates J.T.Jr. Photocatalysis on TiO<sub>2</sub> Surfaces: Principles, Mechanisms, and Selected Results // *Chem. Rev.* – 1995. – V. 95. – P. 735-758.
13. Maness P.C., Smolinski S., Blake D.M., Huang Z., Wolfrum E.J., Jacoby W.A. Bactericidal Activity of Photocatalytic TiO<sub>2</sub> Reaction: toward an Understanding of Its Killing Mechanism // *Appl. Environ. Microbiol.* – 1999. – V. 65. – №9. – P. 4094-4098.
14. Гончаров А.А., Добровольский А.Н., Костин Е.Г., Петрик И.С., Фролова Е.К. Структура и фотокаталитические свойства наноплёнок диоксида титана, осаждённых методом реактивного магнетронного напыления // *Металлофиз. новейшие технол.* – 2014. – Т. 36. – №5. – С. 613-632.
15. ASTM E2149 - 10 Standard test method for determining the antimicrobial activity of immobilized antimicrobial agents under dynamic contact conditions. USA, 2001.
16. Kon K., Rai M. Metallic nanoparticles: mechanism of antibacterial action and influencing factors // *Journal of Comparative Clinical Pathology Research.* – 2013. – Is. 2/1. – P. 160-174.
17. Palza H. Antimicrobial Polymers with Metal Nanoparticles // *Int J Mol Sci.* – 2015. – V. 16 (1). – P. 2099-2116.
18. Tran N., Mir A., Mallik D., Sinha A., Nayar S., Webster T.J. Bactericidal effect of iron oxide nanoparticles on *Staphylococcus aureus* // *International Journal of Nanomedicine.* – 2010. – V. 5. – P. 277-283.
19. Prabhu S., Poulouse E.K. Silver nanoparticles: Mechanism of antimicrobial action, synthesis, medical applications, and toxicity effects // *Int. Nano Lett.* – 2012. – V. 32. – P. 2-10.
20. Pal S., Tak Y.K., Song J.M. Does the antibacterial activity of silver nanoparticles depend on the shape of the nanoparticle? A study of the Gram-negative bacterium *Escherichia coli* // *Applied and Environmental Microbiology.* – 2007. – V. 73 (6). – P. 1712-1720.
21. Lemire J.A., Harrison J.J., Turner R.J. Antimicrobial activity of metals: Mechanisms, molecular targets and applications // *Nat. Rev. Microbiol.* – 2013. – V. 11. – P. 371-384.
22. Gunawan C., Teoh W.Y., Marquis C.P., Amal R. Cytotoxic origin of copper(II) oxide nanoparticles: Comparative studies with micron-sized particles, leachate, and metal salts // *ACS Nano.* – 2011. – V. 5 (9). – P. 7214-7225.
23. Morones J.R., Elechiguerra J.L., Camacho A., Holt K., Kouri J.B., Ramírez J.T., Yacaman M.J. The bactericidal effect of silver nanoparticles // *Nano-technology.* – 2005. – V. 16. – P. 2346-2353.
24. Крутяков Ю.А., Кудринский А.А., Оленин А.Ю., Лисичкин Г.В. Синтез и свойства наночастиц серебра: достижения и перспективы // *Успехи химии.* – 2008. – Т. 77. – №3. – С. 242-269.

## БЕНТОНИТ КАК МОДИФИКАТОР СВОЙСТВ ТЕКСТИЛЬНЫХ ВОЛОКОН

### BENTONITE AS A MODIFIER OF THE TEXTILE FIBERS PROPERTIES

Ф.А. Быков, А.М. Наливаева, Е.Л. Владимирцева  
F.A. Bykov, A.M. Nalivaeva, E.L. Vladimirtseva

Ивановский государственный химико-технологический университет  
Ivanovo State University of Chemistry and Technology  
E-mail: baiii1@mail.ru

Работа продолжает серию исследований, направленных на изучение эффективности использования в отделочном производстве нерастворимых алюмосиликатов. Рассматриваются свойства, приобретаемые хлопчатобумажным, шерстяным, полиэфирным, полиамидным и полиакрилонитрильным волокнами после иммобилизации на их поверхности микрочастиц природного бентонита.

**Ключевые слова:** волокно, бентонит, краситель, сорбция.

The work continues a series of studies aimed at studying the efficiency of using insoluble aluminosilicates in finishing production. The properties acquired by cotton, woolen, polyester, polyamide and polyacrylonitrile fibers after immobilization of natural bentonite microparticles on their surface are investigated.

**Key words:** fiber, bentonite, dye, sorption.

Работа продолжает серию исследований, проводимых на кафедре ХТВМ ИГХТУ и посвященных применению природных алюмосиликатов для придания текстильным материалам новых функциональных свойств. Предпосылкой к ее проведению послужило успешное использование глинистых минералов для изменения свойств шерстяных текстильных материалов. Технология была разработана на кафедре ХТВМ ИГХТУ. Сухие глины предварительно измельчают в порошок, переводят в водную дисперсию, в которую погружают шерстяной материал и с помощью шейкер-установки при комнатной температуре добиваются равномерного распределения и фиксации микрочастиц на поверхности волокна. В результате обработки создается материал «обогащенный» алюмосиликатными частицами. Это придает шерсти комплекс улучшенных потребительских и технологических свойств: заметно снижается усадка, регулируется валкоспособность, повышается устойчивость к гниению и действию УФ-излучения, волокно приобретает способность окрашиваться хромовыми красителями без дополнительной стадии хромирования [1, 2].

Одним из наиболее известных и часто используемых в промышленности является Бентонит. Это один из основных представителей монтмориллонитовых глин, имеющий брутто-формулу  $Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot NaO \cdot nH_2O$ . Основная особенность бентонитов – их высокие адсорбционная способность и высокая емкость катионного обмена (80-120 мэкв на 100 г). При модификации свойств шерсти лучшие результаты были получены именно с этим минералом [1,2].

В настоящем исследовании бентонит использовали для обработки волокон различной химической природы: хлопчатобумажного (ХБ), шерстяного (Ш), полиэфирного (ПЭ), полиамидного (ПА), полиакрилонитрильного (ПАН). Полиэфирное волокно исследовалось в 2-х, отличающихся по структуре вариантах: нестабилизированное (I) и стабилизированное (II). С волокон химического происхождения предварительно в ходе промывки горячей водой в присутствии СМС были удалены возможные посторонние примеси. Шерстяное волокно также промывалось при температуре 30 °С. Хлопчатобумажное волокно предварительно отваривали и отбеливали, для удаления нецеллюлозных примесей.



Порошок бентонита наносили на волокно путем обработки его в водной дисперсии. После этого волокна промывали и сушили на воздухе. Количество закрепленного алюмосиликата определялось гравиметрическим методом (рис.1). Образцами сравнения служили исходные волокна. Кроме того, так как изначально все исследуемые волокна имели белый цвет, а бентонит от природы обладает сероватым оттенком, количество нанесенного на поверхность волокон глинистого порошка контролировали спектрофотометрическим методом по изменению коэффициента отражения на приборе «Spekol-11» (рис.2).

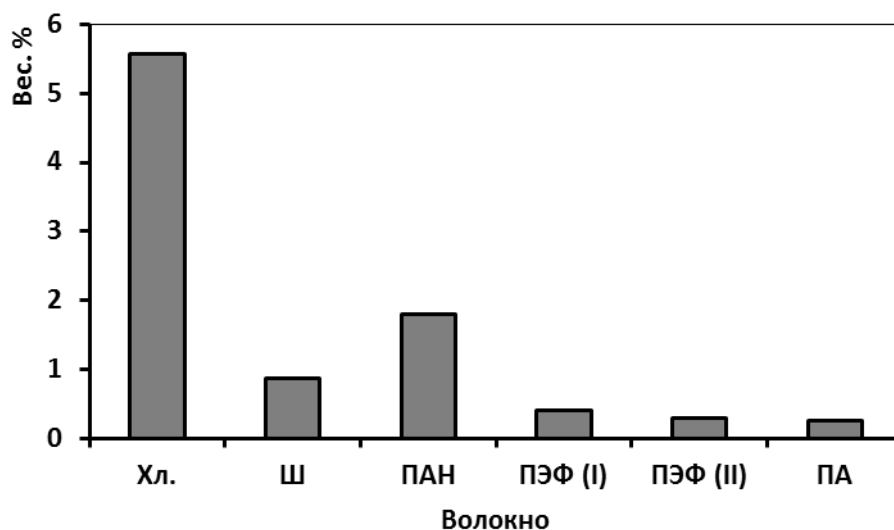


Рис. 1. Изменение массы волокна после обработки в дисперсии бентонита

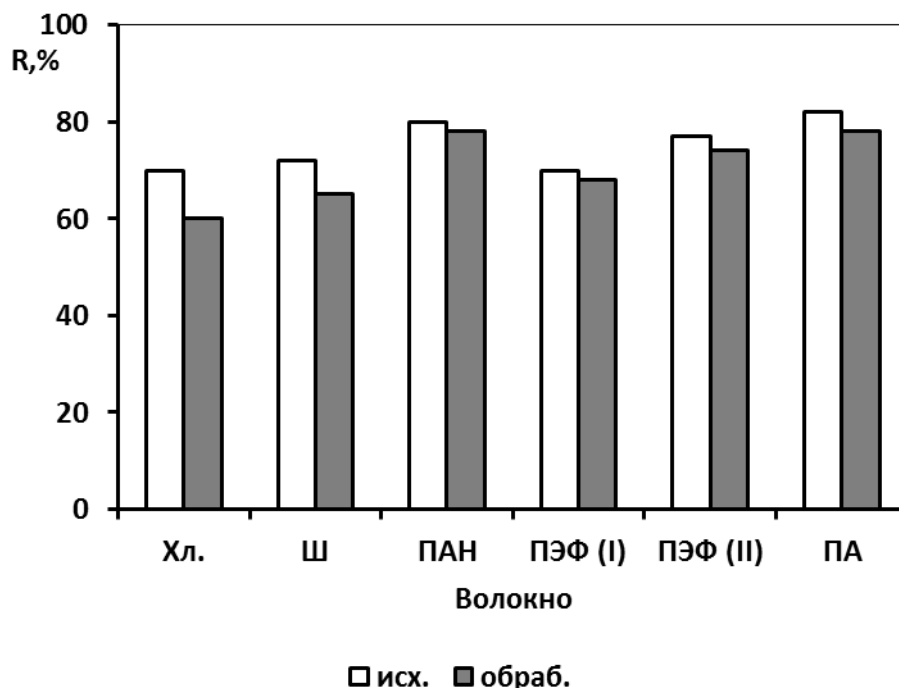


Рис. 2. Изменение белизны волокна после обработки в дисперсии бентонита

Полученные экспериментальные данные доказывают возможность иммобилизации порошка бентонита на поверхности волокон. Исходя из данных гравиметрического анализа, наиболее активно (до 5 %) поглощение минерала происходит в присутствии

хлопчатобумажного волокна. Тем не менее, любой из представленных в работе материалов в той или иной степени поглощает алюмосиликат.

Присутствие природного минерала на поверхности волокнистого материала придает последнему новые функциональные свойства, основным из которых является способность сорбировать красители из водной среды. В качестве объекта исследования использовался катионный краситель метиленовый синий. Сорбционную активность модифицированного волокна оценивали по обесцвечиванию в его присутствии водного раствора этого красителя при комнатной температуре. На диаграмме (рис.3) представлено изменение оптической плотности исходного раствора при прохождении через нативное и модифицированное волокно. Как и следовало ожидать, метиленовый синий эффективно поглощается природными волокнами (хлопчатобумажными и шерстяными), независимо от присутствия на них частиц бентонита.

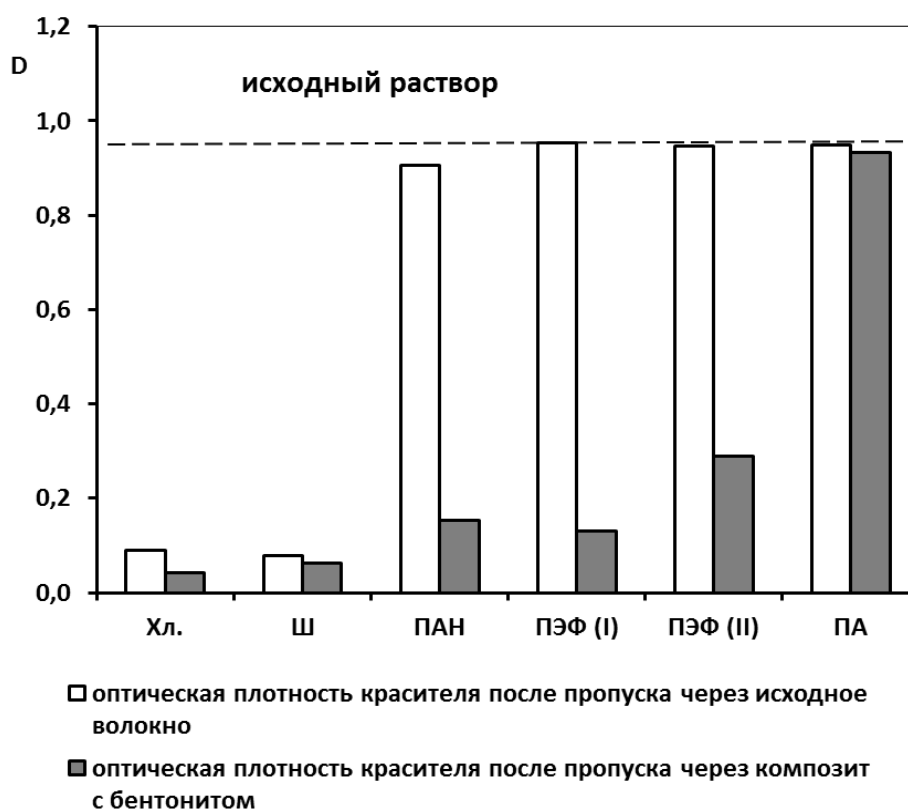


Рис.3. Результаты сорбции красителя метиленового синего натуральными и модифицированными волокнами

С волокнами, имеющими химическое происхождения картина другая: необработанный материал практически не меняет содержание красителя в растворе, но его сорбционная активность заметно возрастает после модификации. ПЭ и ПАН волокна, содержащие иммобилизованный бентонит, активно поглощают краситель. Исключение составляет полиамидное волокно. Возможно, основная причина низкой сорбционной активности в этом случае – низкое содержание минерала на волокне (см. рис.1).

Также были проведены испытания устойчивости волокнистых материалов к гниению, в ходе которых волокна выдерживались в течение 30 суток во влажной земле при температуре 22-25 °С, после чего оценивалась степень их разрушения [3]. Полученные результаты подтвердили полученные ранее данные об эффективности применения бентонита для повышения стойкости материалов к гнилостным бактериям [4].

Наибольшая результативность в этом случае достигается у натуральных волокон: для модифицированного хлопка степень повреждения снижается на 75, а для шерсти – на 80 %. У химических волокон снижение менее значительное: ПА – 50 %, ПАН – 55 %, ПЭФ – 53 %.

Таким образом, проведенные исследования подтвердили, что безопасная с экологической точки зрения модификация волокнистых материалов различной химической природы бентонитом, позволяет значительно повысить их сорбционную активность и одновременно в несколько раз снизить повреждаемость микроорганизмами, что может быть использовано для производства недорогих технических материалов, которые могут быть использованы в различных отраслях промышленности.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Владимирцева, Е.Л. Исследование сорбции алюмосиликатов шерстяным волокном /Е.Л. Владимирцева, Л.В. Шарнина, И.Б. Блиничева, А.С. Желнова //Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. - 2010. - № 8. - С.55-58
2. Владимирцева, Е.Л. Улучшение потребительских свойств шерсти / Е.Л. Владимирцева, Л.В. Шарнина, М.А. Вельбой // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности. – 2012. - т.17. - № 3. – С. 91-95
3. ГОСТ 9.051-75. Единая система защиты от коррозии и старения. Компоненты полимерных материалов. Методы лабораторных испытаний на устойчивость к воздействию плесневых грибов. – Введ. 1976-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 1975. – 20 с.: ил.
4. Владимирцева, Е.Л. Повышение устойчивости шерстяного волокна к гниению при использовании нерастворимых алюмосиликатов / Е.Л.Владимирцева, Л.В. Шарнина, Э.Г.Шамсудинова // Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX). - 2013. - № 1. - С. 98-105.

## РАЗРАБОТКА ГИБРИДНОГО ТРИКОТАЖА ДЛЯ МЕДИЦИНСКОЙ МАСКИ DEVELOPMENT OF A HYBRID KNITTED FABRIC FOR A MEDICAL MASK

Д.И. Быковский, А.В. Чарковский, А.С. Дягилев  
D.I. Bykouski, A.V. Charkovskij, A.S. Dyagilev

Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь  
Vitebsk state technological university, Republic of Belarus  
E-mail: denisbykouskij@yandex.ru, acharkovsky@mail.ru, dygilev@gmail.com

Целью работы является проектирование структуры трикотажа для изготовления медицинской маски с применением 3D-моделирования. В качестве объекта исследования выбран трикотаж, предназначенный для изготовления медицинской маски. Выбрано сырье и переплетение для разработанного трикотажа. Проведены экспериментальные исследования капиллярности и гигроскопичности изготовленных образцов. Созданы трехмерные модели структуры двухслойного трикотажа, предназначенного для изготовления медицинской маски.

Ключевые слова: медицинская маска, гибридный трикотаж, платированное переплетение, мультифиламентные нити, 3D-моделирование, структура трикотажа, свойства трикотажа.

The aim of the work is to design the structure of knitted fabric for the production of a medical mask using 3D-modeling. The object of the research is the knitwear for the production of a medical mask. The raw materials and stitch pattern for the designed knitted fabric have been selected. Experimental researches of capillarity and hygroscopicity of the knitted fabrics were carried out. Three-dimensional models of the structure of two-layer knitted fabric were created.

Keywords: medical mask, double-layer knitwear, plated knitted fabrics, multifilament yarns, 3D modeling, structure of knitted fabrics, properties of knitted fabrics.

В процессе жизнедеятельности у человека из слизистых оболочек ротовой и носовой полости выделяются капельные частицы, которые могут содержать болезнетворные микроорганизмы. Для минимизации прямой передачи между людьми микроорганизмов, способных вызывать заболевания, предназначены медицинские маски. Согласно [1] медицинские маски подразделяют на два типа (тип I и тип II) в зависимости от эффективности бактериальной фильтрации. Маски типа I используются пациентами для уменьшения вероятности распространения инфекции, особенно при эпидемиях и пандемиях. Маски типа II, в основном, используют врачи в операционных и подобных медицинских помещениях. К основным функциональным характеристикам медицинских масок относятся:

- эффективность бактериальной фильтрации (эффективность материалов медицинской маски как барьера для проникновения бактерий);
- дифференциальное давление (воздухопроницаемость маски, измеренная путем определения разницы в давлении воздуха на внутренней и внешней стороне маски при определенных параметрах воздушного потока, температуры и влажности);
- колониобразующая единица, КОЕ (единица измерения количества культивируемых микроорганизмов);
- микробиологическая чистота (отсутствие популяций жизнеспособных микроорганизмов на продукте и/или упаковке);
- биосовместимость (токсикологические характеристики).

Также, медицинская маска должна иметь высокие гигиенические свойства для того, чтобы ее можно было комфортно использовать в течение длительного времени. Для этого важна способность маски поглощать влагу из воздуха, выдыхаемого человеком, и передавать ее в окружающую среду.

На сегодняшний день является актуальной задача проектирования и производства гигиенических масок повышенной комфортности для повседневного использования.

Этап выбора сырья для изготовления маски является определяющим ее итоговое качество. В период эпидемии и пандемии странам требуются сотни миллионов медицинских масок, в основном, масок типа I, для изготовления которых расходуется огромное количество текстильных материалов. Некоторые из этих материалов импортируются и являются остро востребованными в мире, например, хлопчатобумажная пряжа.

Полиэфирные нити биологически совместимы и часто используются для изготовления изделий, имплантируемых в организм. Полиэфирные нити нового поколения, выпускаемые предприятием «СветлогорскХимволокно» [2] благодаря большому количеству составляющих нить филаментов могут улучшить эффективность бактериальной фильтрации [3], а также поддерживать в требуемых пределах дифференциальное давление [4]. Полиэфирные нити с антимикробным эффектом могут быть использованы для улучшения микробиологической чистоты масок.

Лен является наиболее распространённым в Европе видом лубяных волокон, а Республика Беларусь является одним из крупнейших мировых производителей льняного волокна, занимая более 20% мирового рынка [5]. Льняная пряжа характеризуется относительно высокой способностью впитывать влагу в сравнении с другими натуральными волокнами. Лен обладает способностью угнетать жизнедеятельность микрофлоры [6]. В связи с этим целесообразно рассмотреть льняную пряжу в качестве сырья для медицинской маски.

Помимо сырья на свойства трикотажа в определенной степени влияет также и переплетение. Перспективным для изготовления масок с повышенными гигиеническими свойствами является трикотаж платированных переплетений. Строение кулирного гибридного трикотажа платированного переплетения представлено на рисунке 1.

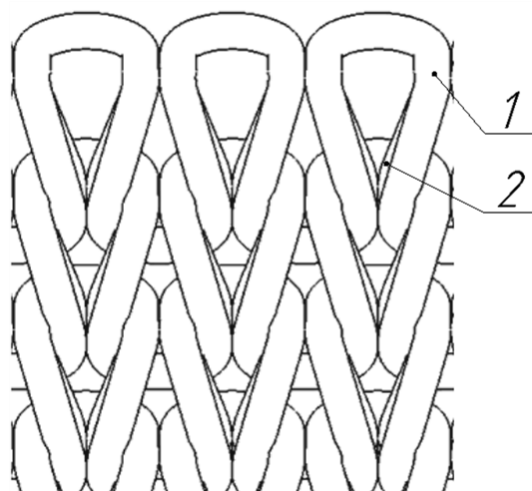


Рис. 1. Платированное переплетение

Петли 1 формируют лицевую поверхность трикотажа, а петли 2 – изнаночную. В рассматриваемом случае применение платированных переплетений для вязания медицинской маски означает, что функциональные характеристики поверхности изделия, обращенной одной стороной к лицу, а другой стороной – к окружающему воздуху, могут формироваться в соответствии с заданными требованиями.

Гигроскопичность и капиллярность – важные физико-механические свойства текстильных материалов, контактирующих с телом [7, 8]. На однофонтурной кругловязальной машине «AUTOSWIFT» были изготовлены 16 вариантов образцов гибридного трикотажного материала платированного переплетения для изготовления медицинской маски. В образцах скомбинированы между собой гидрофильные и гидрофобные виды сырья. В качестве гидрофильных выбраны льняная и хлопчатобумажная пряжа, в качестве гидрофобных –

полиэфирные нити с числом филаментов 48 и 288. Заправочные данные для выработки трикотажных полотен представлены в таблице 1.

Таблица 1

Заправочные данные для выработки трикотажных полотен

№ п.п.	Вид и линейная плотность нитей, текс	
	Лицевая сторона трикотажа	Изнаночная сторона трикотажа
1	Хлопчатобумажная пряжа 36 текс	Льняная пряжа 30 текс
2	Льняная пряжа 30 текс	Хлопчатобумажная пряжа 36 текс
3	Полиэфирные нити (16,7текс f288) × 2	Хлопчатобумажная пряжа 36 текс
4	Хлопчатобумажная пряжа 36 текс	Полиэфирные нити (16,7текс f288) × 2
5	Полиэфирные нити (18,5 текс f48) × 2	Льняная пряжа 30 текс
6	Льняная пряжа 30 текс	Полиэфирные нити (18,5 текс f48) × 2
7	Хлопчатобумажная пряжа 36 текс	Полиэфирные нити (18,5 текс f48) × 2
8	Полиэфирные нити (18,5 текс f48) × 2	Хлопчатобумажная пряжа 36 текс
9	Полиэфирные нити (16,7текс f288) × 2	Льняная пряжа 30 текс
10	Льняная пряжа 30 текс	Полиэфирные нити (16,7текс f288) × 2
11	Полиэфирные нити (16,7текс f288) × 2	Полиэфирные нити (18,5 текс f48) × 2
12	Полиэфирные нити (18,5 текс f48) × 2	Полиэфирные нити (16,7текс f288) × 2
13	Хлопчатобумажная пряжа 36 текс	Хлопчатобумажная пряжа 36 текс
14	Льняная пряжа 30 текс	Льняная пряжа 30 текс
15	Полиэфирные нити (18,5 текс f48) × 2	Полиэфирные нити (18,5 текс f48) × 2
16	Полиэфирные нити (16,7текс f288) × 2	Полиэфирные нити (16,7текс f288) × 2

Натуральные волокна имеют большую гигроскопичность, чем синтетические. Это позволяет использовать натуральные волокна для формирования внешнего влаговпитывающего слоя трикотажных изделий с повышенными гигиеническими свойствами, а синтетические – для формирования внутреннего влагопринимającego слоя. Внутренний слой, не намокая, передает влагу с поверхности кожи во внешний слой, обеспечивая «эффект сухости».

Проведены исследования гигроскопичности образцов трикотажных полотен, указанных в таблице 1, в соответствии с [9]. На рисунке 2 представлены наиболее показательные графики зависимости гигроскопичности образцов 1, 13, 14 и 16 вариантов от времени.

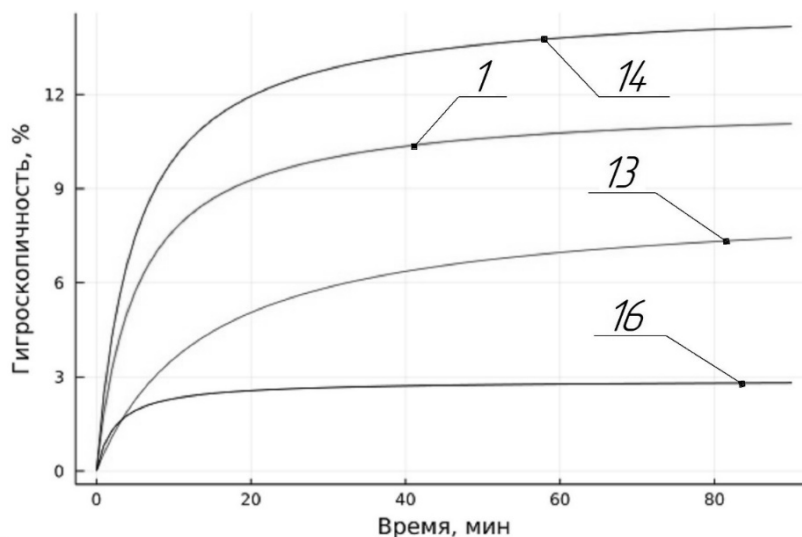


Рис. 2. Зависимости гигроскопичности от времени

Зависимости гигроскопичности других образцов из синтетических волокон 11, 12, 15 от времени близки к зависимости образца 16. Зависимость гигроскопичности образца 2 близка к зависимости образца 1. Уровни гигроскопичности образцов из натуральных волокон 1, 2, 13, 14 значительно выше, чем у образцов из синтетических волокон 11, 12, 15, 16. При этом уровень гигроскопичности льняного образца 14 выше, чем у образца 13 из хлопчатобумажной пряжи, а уровни гигроскопичности образцов 1, 2 из смеси хлопчатобумажной и льняной пряжи выше, чем у образца 13, и ниже, чем у образца 14.

Мультифиламентные полиэфирные нити должны иметь повышенные капиллярные свойства вследствие наличия в них множества узких каналов между филаментами, которые позволяют жидкости эффективно двигаться по ним.

Проведены исследования капиллярности образцов трикотажных полотен, указанных в таблице 1, в соответствии с [9]. На рисунке 3 показана зависимость капиллярности образцов 15, 16, состоящих из синтетических волокон, от времени.

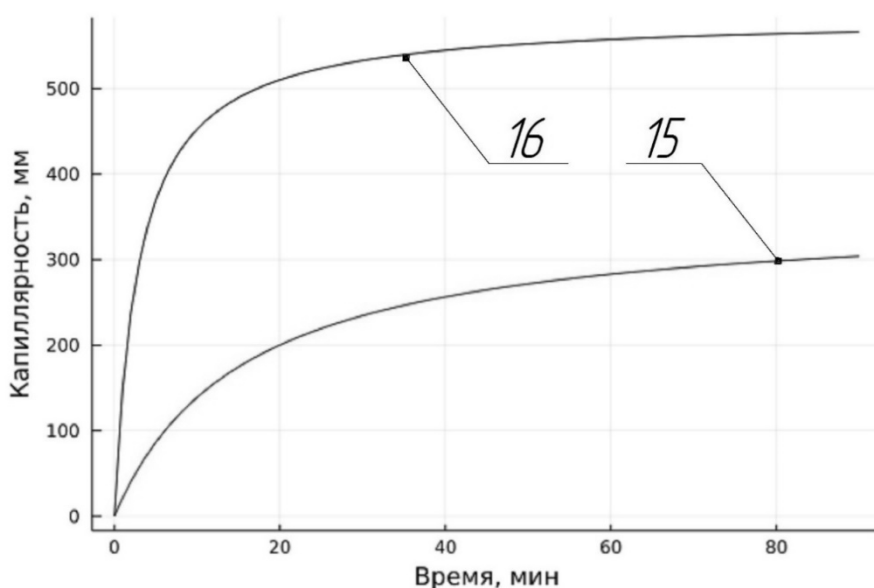


Рис. 3. Зависимости капиллярности от времени

Зависимости капиллярности других образцов из синтетических волокон 11, 12 от времени близки к зависимости образца 16. Капиллярные свойства образца 16 из мультифиламентных полиэфирных волокон значительно выше, чем у образца 15 из обычных полиэфирных волокон.

Таким образом, целесообразно влагопринимающий слой медицинской маски формировать из полиэфирных волокон, обладающих хорошими капиллярными свойствами, но при этом имеющими незначительную гигроскопичность. Предпочтительно использовать полиэфирные волокна с большим числом филаментов. Использование полиэфирных волокон для влагопринимающего слоя маски также позволит сократить использование более дорогой хлопчатобумажной пряжи, тем самым удешевив продукт. Благодаря низкой гигроскопичности влагопринимающий слой обеспечит эффект «сухости» маски. Льняная пряжа, обеспечивающая наивысший уровень гигроскопичности, наилучшим образом подходит для создания влагопитывающего слоя изделия. Однако, учитывая цену сырья, целесообразно использовать хлопчатобумажную пряжу, которая также имеет высокую гигроскопичность, хотя и уступающую льняной пряже. Примером такого трикотажа может служить трикотаж платированного переплетения, показанный на рисунке 4 с увеличением.

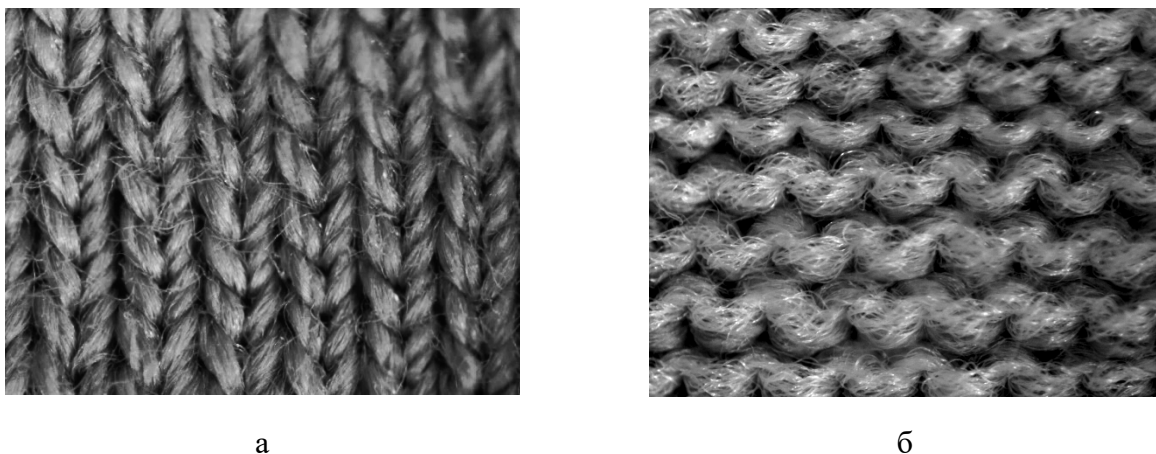


Рис. 4. Трикотаж для изготовления медицинской маски с повышенными гигиеническими свойствами:  
а – лицевая сторона, б – изнаночная сторона

Покровный слой трикотажа (рис.4) состоит из хлопчатобумажной пряжи, грунтовый слой – из полиэфирных мультифиламентных нитей. 3D-моделирование структуры позволяет наглядно представить особенности строения, оценить физические свойства, внешний вид и другие характеристики трикотажа. В рамках данной работы с помощью разработанной авторами библиотеки [13] для САПР КОМПАС-3D осуществлено построение 3D-модели гибридного двухслойного трикотажа платированного переплетения, соответствующего описанным выше требованиям, предназначенного для изготовления маски. Модель представлена на рисунке 5.

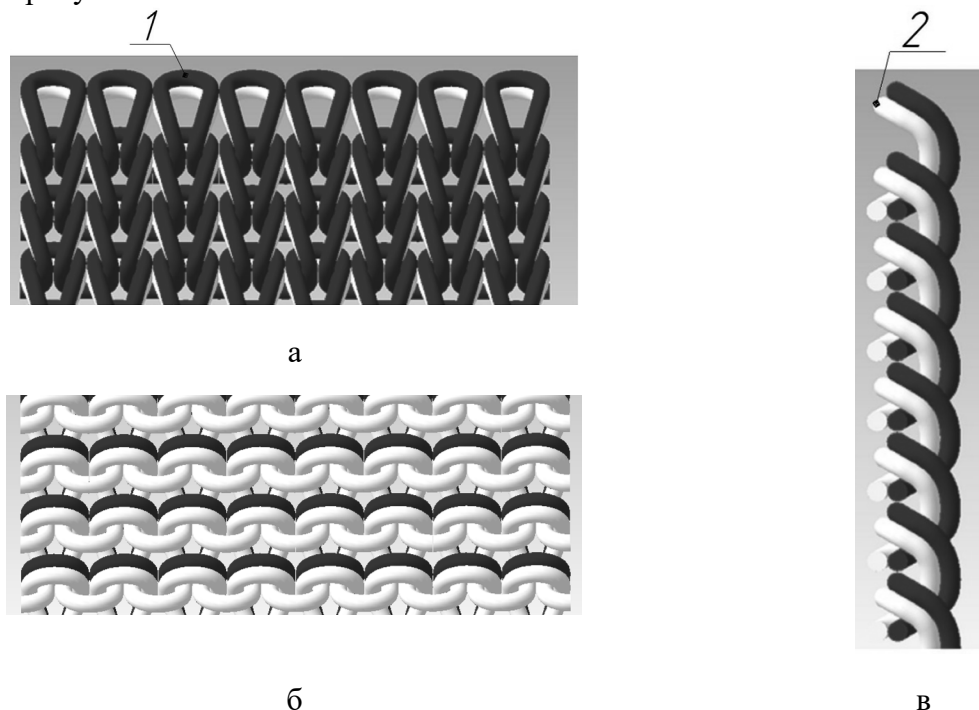


Рис. 5. 3D-модель двухслойного трикотажа платированного переплетения:  
а – лицевая сторона, б – изнаночная сторона, в – вид сбоку

Покровный влаговпитывающий слой 1 состоит из хлопчатобумажной пряжи линейной плотностью 36 текс. Грунтовый влагопринимаящий слой 2 состоит из полиэфирной нити линейной плотностью 16,7 текс х2. Маска контактирует с кожей поверхностью из полиэфирных нитей. В соответствии со структурой, которая показана на модели, видим, что



поверхность при намокании будет передавать влагу во внешний впитывающий слой 1 благодаря высоким капиллярным свойствам полиэфирных нитей и их низкой гигроскопичности.

#### ВЫВОДЫ

В результате проведенных исследований получены рекомендации для проектирования гигиенической маски повышенной комфортности для повседневного использования: для изготовления гибридной медицинской маски повышенной комфортности целесообразно комбинировать как натуральные, так и химические волокна; для создания влагопринимającego прилегающего к коже слоя целесообразно использовать мультифиламентные полиэфирные нити, обладающие высокой капиллярностью и низкой способностью впитывать влагу; формировать влаговпитывающий слой целесообразно из хлопчатобумажной пряжи, обладающей высокой способностью впитывать влагу.

Построена 3D-модель гибридного двухслойного трикотажа платированного переплетения, предназначенного для изготовления медицинской маски, с влагопринимающим слоем из мультифиламентных полиэфирных волокон и влаговпитывающим слоем – из натуральных волокон. Модель наглядно представляет особенности структуры такого трикотажного материала. Анализ структуры подтверждает наши рекомендации.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ Р 58396 – 2019. Маски медицинские. Требования и методы испытаний. Издание официальное. М., Стандартинформ 2019.
2. Полиэфирные текстурированные мультифиламентные неокрашенные и крашеные в массе нити [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.sohim.by/produksiya/poliefirnye-niti/multifilamentnye-i-okrashennye-v-masse/>, дата доступа: 29.03.2020 г.
3. Чарковский, А.В., Шевеленко, Н.Г. (2017), Использование мультифиламентных нитей для изготовления фильтровальных материалов, Инновационные технологии в текстильной и легкой промышленности: материалы докладов международной научно-технической конференции, посвященной году науки, Витебск, 2017, С. 90-92.
4. Чарковский, А.В., Гончаров, В.А., Береснев, В.И. (2018), Разработка высокообъемного трикотажа с использованием мультифиламентных нитей, Вестник Витебского государственного технологического университета, 2018, № 1 (34), С. 79-87.
5. Дягилев, А.С., Быковский, Д.И., Реймер, В., Янссен, А., Грис, Т. (2019), Сравнительный анализ разрывной нагрузки и гибкости длинного трепаного льноволокна и бананового волокна, Сборник научных трудов, посвященный 75-летию кафедры Материаловедения и товарной экспертизы. под ред. Шустова Ю.С., Буланова Я.И., Курденковой А.В., Москва, 2019, С. 184-188.
6. Живетин, В. В., Осипов, Б. П., Осипова, Н. Н. (2002), Льняное сырье в изделиях медицинского и санитарногигиенического назначения, Российский Химический Журнал. Том XLVI, Москва, 2002, № 2, С. 31-35
7. Zhou, L. (2011), Fiber Hygroscopicity Affects Thermo-Moisture Comfort of Elastic Knitted Fabric, Advanced Materials Research, 2011, № 332-334, С. 731-734.
8. Çil, M.G., Nergis, U.B., Candan, C. (2009), Fiber An Experimental Study of Some Comfort-related Properties of Cotton—Acrylic Knitted Fabrics, Textile Research Journal, 2009, № 79, С. 917-923.
9. ГОСТ 3816 – 81. Методы определения гигроскопических и водоотталкивающих свойств. Издание официальное. М., ИПК Издательство стандартов 1981.
10. Быковский, Д.И., Чарковский, А.В. (2021), Разработка библиотеки для автоматизированного проектирования однослойного трикотажа переплетения кулирная гладь, Материалы докладов 54-й международной научно-технической конференции преподавателей и студентов в двух томах, Витебск, 2021, С. 196-199.

## РАЗРАБОТКА МЕТОДА ДИАГНОСТИРОВАНИЯ КАЧЕСТВА РУКАВОВ ВИРТУАЛЬНОЙ ОДЕЖДЫ

### DEVELOPMENT OF QUALITY PREDICTION OF VIRTUAL CLOTHING SLEEVES

Ван Сиды  
Wan Sida

Ивановский государственный политехнический университет  
Ivanovo State Polytechnical University  
E-mail: ace1989@foxmail.com

Разработан метод виртуального проектирования узла "рукав - пройма" с прогнозированием и автоматическим измерением ровноты поверхности рукава. Метод основан на математическом моделировании линий проймы и оката, номенклатуре критериев для квалиметрии внешнего вида рукава и использовании шкалы серого цвета для измерения количества и глубины складок, возникающих под влиянием конструктивных дефектов.

**Ключевые слова:** виртуальная реальность, женский жакет, рукав, цифровой двойник, качество, посадка, шкала серого цвета

**Method of virtual design of the "sleeve-armhole" system has been developed with forecasting and automatic measuring of the sleeve surface flatness. Method is based on the mathematical modeling of sleeve cap and armhole lines, the nomenclature of criteria for qualification of the sleeve appearance and the application of a gray scale to measure the number and depth of folds that can be arised under the influence of pattern making defects.**

**Keywords:** virtual reality, female jacket, sleeve, digital double, quality, fit, gray scale

Цифровизация процессов создания новых видов одежды потребовала дополнительного изучения и наполнения новыми сведениями традиционных методов конструирования и конструктивного моделирования. Виртуальное "сшивание" деталей одежды происходит с участием двух линий, которые могут быть разделены на несколько групп: незамкнутые или замкнутые; прямолинейные или криволинейные; укладываемые на плоскости или неукладываемые на плоскости. Соединение двух криволинейных замкнутых линий имеет место при втачивании рукава в пройму и является самым сложным как с позиций проектирования, так и достижения запроектированных показателей внешнего вида и качества посадки. Именно узел "пройма-рукав" во многих видах классической одежды (пиджак, жакет, пальто) является индикатором качества проектирования и одновременно источником появления дефектов посадки.

Виртуальное моделирование процесса соединения рукава требует изучения многих факторов, под влиянием которых будет обеспечено необходимое объемно-пространственное положение проймы и рукава. Для математического моделирования проймы необходима формализация многих факторов: показателей объемно-пространственной формы стана и проймы; величин и распределения прибавок по линии груди, влияющих на разворот плоскости проймы; показателей жесткости пакета материалов полочки и спинки; кривизны исходных линий; показателей анизотропности свойств материалов.

Другим направлением в совершенствовании процесса виртуального проектирования является разработка критериев для оценки качества проектирования. Перспективным инструментом является нейротехнология отслеживания движения глаз и количественный анализ зрительного интереса экспертов, по результатам которого можно выявить повышенный интерес (фокус) или безразличие к отдельным дефектам внешнего вида и создать автоматический алгоритм диагностирования дефектов

Поэтому решение научной проблемы по генерированию виртуальных рукавов с желаемой посадкой и автоматическое диагностирование дефектов посадки требует

дальнейшей формализации профессиональных знаний в областях плоскостного конструирования, текстильного материаловедения и квалиметрии виртуальных объектов.

**Целью исследования** является разработка технологии виртуального проектирования втачного рукава на примере женских жакетов для получения виртуального узла "пройма-рукав" с заданными показателями внешнего вида.

Для достижения поставленной цели решены **следующие задачи**:

1. Проведены графоаналитические исследования чертежей женских жакетов с разными показателями качества для формирования базы данных их конструктивных параметров и дефектов.

2. Разработана геометрическая пространственная модель узла "пройма-рукав" для согласования конфигурации сопрягаемых линий стана и рукава [1].

3. Усовершенствована методика конструирования рукава и проймы стана, участвующих в формировании узла "пройма-рукав" женских жакетов.

4. Разработана система критериев для оценки качества узла "пройма-рукав" женских жакетов [2-4].

5. Разработан алгоритм проектирования узла "пройма-рукав" женских жакетов в виртуальной среде.

6. Разработана методика автоматического детектирования дефектов посадки рукава на основе технологии градиента серого цвета.

**Практическая значимость** состоит в разработке технологии виртуального проектирования рукавов женских жакетов с прогнозируемыми показателями посадки в пройме. Разработанная технология может быть использована для разработки программных модулей САПР и проектирования материальных сорочек. Результаты работы внедрены в производство одежды (компания Yachi Garment Co., Ltd., Гуанчжоу, Китай).

**Научная значимость** состоит в создании теоретических и экспериментальных основ виртуального проектирования узла «пройма-рукав» женских жакетов с желаемым уровнем качества посадки рукавов.

**Научная новизна** работы состоит в разработке схемы согласования параметров плоскостной 2D и пространственной 3D моделей замкнутых линий с разной длиной и конфигурацией для получения из них единой сопряженной линии и последующего генерирования трехмерного рукава с прогнозируемым объемно-пространственным положением в пройме.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ван, С. Создание цифровых двойников узла "пройма-рукав" для классических женских жакетов / С. Ван, В.Е.Кузьмичев // Известия вузов. Технология текстильной промышленности, 2020, № 1(385), с. 177-184.
2. Ван, С. В.Е.Кузьмичев. Матрица для прогнозирования дефектов посадки рукавов в женских жакетах/ С. Ван, В.Е.Кузьмичев // Молодые ученые – развитию Национальной технологической инициативы (ПОИСК–2020): сб.материалов Национальной молодежной научно-технической конференции. – Иваново: ИВГПУ, 2020, с.69-72.
3. Ван, С. Прогнозирование качества проектирования рукавов в виртуальной среде / С. Ван, В.Е.Кузьмичев // Light Conf 2021. «Наука - Технологии - Производство»: матер. международн. науч.-технич. конф. 29-31 марта 2021 г. / СПб.: ФГБОУВО «СПбГУПТД», 2021, с.36-37.
4. Wan, S. Kuzmichev, V.E. Automatic evaluation of sleeve pattern for classical women jacket / S.Wan, V.E. Kuzmichev // DEStech Transactions on Materials Science and Engineering, 2020, 13 01, с. 36-42.

## РАЗРАБОТКА ВОДНО-ДИСПЕРСИОННОЙ ПОЛИУРЕТАНОВОЙ КОМПОЗИЦИИ С АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫМИ СВОЙСТВАМИ

### DEVELOPMENT OF A WATER-DISPERSION POLYURETHANE COMPOSITION WITH ANTIBACTERIAL PROPERTIES

А.А. Гирфанутдинов, И.В. Жукова, С.Н. Иванова, Т.А. Федорова  
A.A. Girfanutdinov, I.V. Zhukova, S.N. Ivanova, T.A. Fedorova

Казанский национальный исследовательский технологический университет  
Kazan National Research Technological University  
E-mail: zhukovka116@mail.ru, azat.faster@gmail.com.

Разработаны катионные водные полиуретановые антибактериальные покрытия с использованием биоцидов и дана оценка бактерицидных свойств полученных покрытий на тканях медицинского назначения. В том числе оценена степень подавления развития разведённых в питательной среде микроорганизмов *Bacillus subtilis* и *Escherichia coli*

**Ключевые слова:** катионная водная полиуретановая дисперсия; антибактериальные свойства; покрытия; биоцид; ткани медицинского назначения.

**That work show a positive using of cationic water-dispersion with biological active compounds. There was used a special test with bacteria *Bacillus subtilis* and *Escherichia coli* on medical tissue to explain by graph a bactericidal properties obtained coatings.**

**Keywords:** cationic aqueous polyurethane dispersion; antibacterial properties; coatings; biocide; medical fabrics.

Сегодня индустрия средств антимикробной терапии является крупнейшим представителем в сфере медицины, поэтому ее номенклатура огромна и составляет более 200 антибиотиков к тому же постоянно увеличивается за счёт внедрения новых антибактериальных средств и технологий химического синтеза [1]. Научный интерес исследователей всё больше привлекает синтез механизма, защищающего пассивным способом людей, путём создания искусственных поверхностей, противоборствующих созданию опасных для человека биоплёнок из бактерий, вирусов и грибов [2].

Важно отметить, что в местах повышенной гигиены основным источником распространения и развития бактериальных инфекций среди людей и животных предшествует репродукция микроорганизмов на поверхностях. Поэтому вопрос о повышении качества, усовершенствовании свойств и создании новых противомикробных покрытий является очень актуальным [3].

В работе продемонстрированы результаты исследований антибактериальных катионных водных полиуретановых покрытий, смешиваемых в различных пропорциях с биоцидами, а также оценка степени подавления роста и развития микроорганизмов в питательной среде *Escherichia coli* и *Bacillus subtilis*, проведение анализа физико-механических показателей данных антибактериальных покрытия, оценка бактерицидных свойств полученных покрытий непосредственно на тканях медицинского назначения.

Для проведения исследования нами было отобрано несколько биологически активных исходных веществ, имеющих различное химическое строение и количество пространственных радикалов, но однородную катионную среду. В число биоцидов представленных четвертичными аммониевыми солями вошли следующие хлориды: КАТАПАВ 1214С.50,1618С.50,1816С.50; АЛКАПАВ 1214С.50,16С.50,1618С.50,1816С.50 ТАБАХ и Aliquat 336.

1. КАТАПАВ – это алкилдиметилбензиламмоний хлорид, представляет собой поверхностно-активное вещество (ПАВ), которое имеет катионную природу, а также представляет собой алкильное соединение и предназначен для использования в качестве активной добавки дезинфицирующих средств [4].

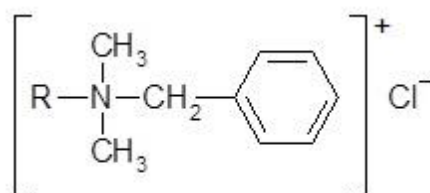


Рис. 1. Структурная формула КАТАПАВ R= C16-C18

2. АЛКАПАВ - это цетримониум хлорид, катионный ПАВ. Сфера применения: антистатик, кондиционер, гидрофобизатор [5].

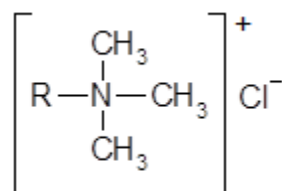


Рис. 2. Структурная формула АЛКАПАВ R= C16-C18

3. Aliquat 336 (N-метил-N, N, N-триоктиламмоний хлоридиум) представляет собой соль четвертичного аммония. Он служит антибактериальным средством для текстильных тканей и ковровых покрытий [6].

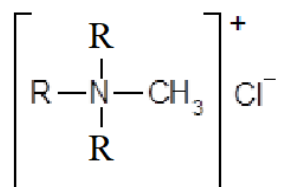


Рис. 3. Структурная формула Aliquat 336

4. ТАБАХ (триоктилбензиламмоний хлорид) — это неионогенное ПАВ, экстрагента редких, драгоценных и цветных металлов и является ингибитором коррозии [7].

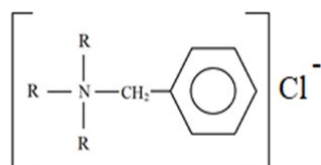


Рис. 4. ТАБАХ R – алкил C8

Приведённые выше биоциды мы добавляли в синтезированную по предполимерной методике в две стадии катионную водную полиуретановую дисперсию.

На первой стадии синтезировался предполимер на основе полиэфира и диизоцианата в избытке, затем проводилась внутреннее удлинение цепи и введение ионного агента, на второй

стадии производилось диспергирование с нейтрализацией предполимера добавлением водного раствора амина.

Полученная дисперсия была подвержена серии тестов на физико-механические свойства. Полученные ВПД покрытия отвечают всем необходимым физико – механическим свойствам и имеют кислую среду, что позволяет неограниченно использовать катионные ПАВы в составе антибактериальных покрытий [Табл. 1].

Таблица 1

Состав и физико-химические свойства, синтезированных ВПД

Наименование ВПУД	Состав покрытия	Доля ЖС, %	Доля сухого вещества, %	Вязкость, мПа*с	рН	Размер частиц, мм	дзета - потенциал
№1	ПБА+ +Desmodur CD-S + +ГД	38	35±3	390,0	4,5	200	62,7
№2	Полифурит 1000 + +Desmodur CD-S + +ГД	45	35±3	293,7	4,5	150	66,2

В качестве основы для исследования применяли водные полиуретановые дисперсии (ВПД) с биологически активными добавками, отличающиеся различными структурными строениями — КАТАПАВ 1618С.50, АЛКАПАВ 16С.50, ТАБАХ и Aliquat 336. Концентрацию биологических добавок изменяли от 2 – 10 % масс.

После получения покрытий произвели антибактериальную оценку с помощью диффузионного метода, основанного на диффузии антибактериального препарата из носителя в плотную питательную среду, инокулированную *Escherichia coli* и *Bacillus subtilis* и регистрации диаметра зоны ингибирования роста исследуемого микроорганизма [7].

Анализ оценки бактерицидной активности показал, что увеличение концентрации биоцидов в полиуретановой дисперсии в интервале 2-10 % масс. приводит к росту его активности и задержке развития микроорганизмов на поверхности покрытий. При изучении бактерицидных свойств на основе АКЛКАПАВ и КАТАПАВ с изменением строения и длины радикала не наблюдается существенного изменения антибактериальной активности данных соединений, поэтому для дальнейшего применения и отображения в характеристиках бактерицидных свойств из ряда: КАТАПАВ 1618С.50 и АЛКАПАВ 16С.50. В таблицах 4.3 - 4.4 приведено влияние вида и концентрации используемых биоцидов в ВПУД на основе разных полиэфиров на подавление роста микроорганизмов.

Результаты подавления роста микроорганизмов в зависимости от вида и концентрации биоцида в ВПУД на основе сложного полиэфира представлены 4.5 - 4.8 представлены графики зависимости концентрации биоцидов в ВПУД на основе простого и сложного полиэфиров.

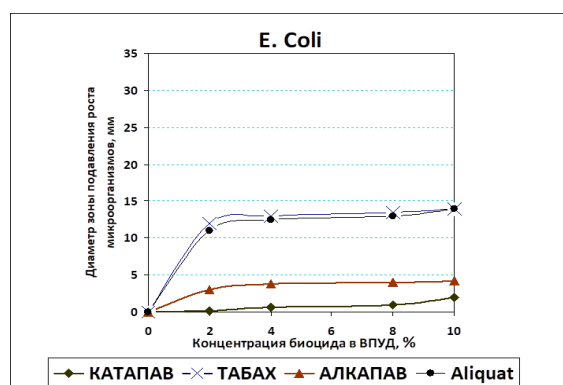


Рис. 5. Диаметр зоны подавления роста бактерий вида *Escherichia coli*, мм

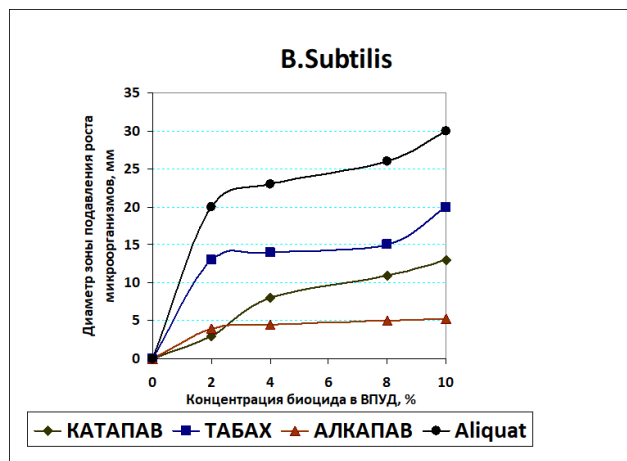


Рис. 6. Диаметр зоны подавления роста бактерий вида *Bacillus Subtilis*, мм

Ниже на рисунке 4.7 изображен график, который отображает диаметр зоны подавления роста бактерий *Bacillus Subtilis* в миллиметрах. На рисунке 4.8 изображен график, который отображает диаметр зоны подавления роста бактерий *Escherichia coli* в миллиметрах.

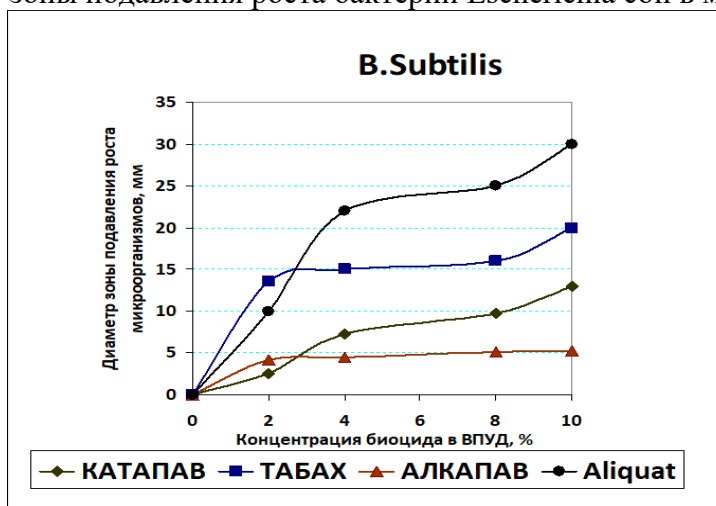


Рис. 7. Диаметр зоны подавления роста бактерий вида *Bacillus subtilis*, мм

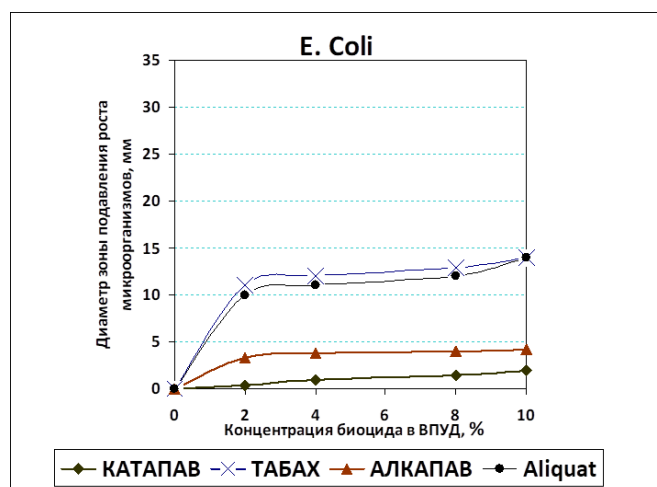


Рис. 8. Диаметр зоны подавления роста бактерий вида *Escherichia coli*, мм

В результате проведенного исследования о влиянии строения было выявлена устойчивость дисперсии при различных концентрациях биоцидов. Видно, что с ростом концентрации ЧАС происходит увеличение зоны подавления роста микроорганизмов.

Установлено, что в представленных катионных полиуретановых дисперсиях возможно введение неограниченного количества биоцидов. Выявлено, что биологическая активность наиболее ярко выражена у составов на основе ЧАС: Aliquat 336 и ТАБАХ. Вероятно, это связано со строением четвертичных аммониевых солей. Увеличение количества радикалов в строении ЧАС приводит к снижению основности амина и повышению кислотности среды, что благоприятно влияет на зону подавления роста микроорганизмов, чем у АЛКАПАВ и КАТАПАВ имеющих в своём строении пространственный радикал.

В применяемых в дисперсии ЧАС имеющих чисто алифатическое строение (Aliquat 336 и АЛКАПАВ) по отношению к биоцидам имеющим в своём строении ароматические кольца обнаружено преобладание антибактериальных свойств.

К бактериям типа *Bacillus Subtilis* полученные антибактериальные покрытия проявляют наибольшую активность, чем к бактериям *Escherichia Coli*.

Исходя из выше сказанного они также увеличивают срок службы готовой продукции и защищают от развития вредных микроорганизмов на их поверхности, включая текстильные материалы медицинского назначения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Блохина, И. И. История появления антибиотиков / И. И. Блохина, И. С. Серов, В. Н. Шагина. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2019. — № 36 (274). — С. 25-26. — URL: <https://moluch.ru/archive/274/62338/> (дата обращения: 28.04.2021);
2. Веретенникова, В.В Краски и лаки // Лакокрасочные материалы и их применение. - 2009. - N 1/2. - С. 39-44;
3. Исследование антибактериальной резистентности ароматических четвертичных аммониевых солей в полиуретановых дисперсиях. И.В. Жукова, А.А. Гирфанутдинов, Т.В. Вдовина, Р.Ф. Акчурина, А.А. Табачков, Э.И. Галимуллина Вестник Казан. технол. ун-та. 2019. С.35;
4. Игнатенко, А. В. Методы контроля активности и эффективности антимикробных препаратов / А. В. Игнатенко // Ресурсо- и энергосберегающие технологии и оборудование, экологически безопасные технологии: материалы Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 19–20 нояб. 2008 г.: в 2 ч. / Белорус. гос. технол. ун-т. – Минск, 2008. – Ч. 2. – С. 203–206;
5. КАТАПАВ 1618С.50 – НИИППАВ – URL: <http://niipav.ru/katalog-produkcii/funkcionalnye-pav/dlja-bytovoij-himii/katav-1618s-50/>, свободный– (Дата обращения: 30.03.2021);
6. АЛКАПАВ 16С.50 – НИИППАВ – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://niipav.ru/katalog-produkcii/funkcionalnye-pav/dlja-bytovoij-himii/katav-1618s-50/>, свободный - (Дата обращения: 30.03.2021);
7. Сайт AlfaAesar [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.alfa.com/ru/catalog/A17247/>, - (Дата обращения: 03.05.2021);
8. ТАБАХ – НИИППАВ. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://niipav.ru/katalog-produkcii/funkcionalnye-pav/dlja-bytovoij-himii/chetvertichnye-ammonievye-soli/tabah/>, свободный - (Дата обращения: 30.03.2021);



## АДАПТАЦИЯ НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЗОНИРОВАНИЯ СОВРЕМЕННОГО АРХИТЕКТУРНОГО ПРОСТРАНСТВА С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ДИЗАЙНА

### ADAPTATION OF NON-WOVEN MATERIALS FOR ZONING OF MODERN ARCHITECTURAL SPACE FROM A DESIGN POINT OF VIEW

М.В. Гринкевич (Денисова), Е.В. Полякова, Е.Е. Докучаева  
M.V. Grinkevich (Denisova), E.V. Polyakova, E.E. Dokuchaeva

Московская государственная художественно-промышленная академия  
имени С.Г. Строганова

Moscow State Academy of Design and Applied Arts

E-mail: mari.racoon@yandex.ru, e.polyakova@smde.ru, dokuchaevaee@yandex.ru

Статья раскрывает идею нового применения материалов технического назначения, их осмысления с точки зрения дизайна. Данная работа включает в себя описание экспериментов с неткаными материалами как в рамках индивидуального художественного творчества, так и в рамках производственных процессов (НИИМ в г. Серпухов, текстильная типография). Данная методика реализована в конкретном архитектурном объекте, но также предложены другие различные варианты ее реализации.

**Ключевые слова:** нетканые материалы, материалы технического назначения, архитектура, интерьер, дизайн, производство.

The article reveals the idea of a new application of materials for technical purposes, their interpretation from the point of view of design. This work includes a description of experiments with non-woven materials both within the framework of individual artistic creativity and within the framework of production processes (RIN in Serpukhov, textile printing house). This technique is implemented in a specific architectural object, but various other options for its implementation have also been proposed.

**Key words:** nonwovens, materials for technical purposes, architecture, interior, design, production.

Зонирование пространства, создание своей отведенной территории, обозначенной границами, всегда была актуальна для человека. На сегодняшний день, когда мы живем во время пандемии, данная тема стоит еще острее. Мы сильнее хотим отделиться, создать социальное дистанцирование. Когда мы находимся дома это сделать проще, но зачастую, работая в общественном пространстве, мы находимся среди большого скопления людей и создать дистанцию становится практически невозможным, учитывая, что многие офисы, например, это пространство “open space”.

Данная работа ставит задачу предложить решение проблемы зонирования общественных пространств, когда создаются малые архитектурные формы, осмысленные с точки зрения дизайна. В частности, для решения этих задач предлагается обратить внимание на материалы технического назначения, нетканые материалы, рассмотреть их технические и эстетические возможности. Медицина и быт, авто и домостроительство — это сферы для привычного использования подобных материалов. Также существует их узкое применение в искусстве в качестве панно, выполненных на иглопробивном оборудовании. Следует пояснить, что нетканые материалы — это полотна и изделия, изготавливаемые из волокон, нитей или других видов материалов без применения прядения и ткачества” [1, с. 4].

Данная работа расширяет применение нетканых материалов в сфере дизайна практическим путем, в ходе которого выявляются пластические и эстетические свойства данных материалов.

Практически проект был реализован в серии уникальных текстильных панно “Горы в жизни Иисуса Христа” протестантской церкви “Воскресение” в Москве на станции метро Каширская. Серия включает в себя шесть панно.

Данная серия панно может служить не только самостоятельной зонировущей конструкцией, но и интерьерным объектом, тесно связанным с архитектурой. Во втором случае панно могут быть использованы в качестве декоративного элемента богослужебного зала, вестибюля церкви. В первом случае - в качестве ширмы. В современном мире в общественных местах (больницы, аэропорты, офисы) все чаще оборудуются молельные комнаты для разных конфессий и, учитывая тематику панно, логично рассматривать его в качестве ширмы, которая бы смогла разделить сакральное и мирское пространство в нецерковном интерьере.

В ходе дальнейшей работы было предложено несколько вариантов ширм. Первый мы можем увидеть на рисунке 1, где продемонстрирована двухсторонняя конструкция ширмы. Каждое панно закреплено к собственной раме с рельсами. Движение панно происходит вокруг оси и относительно друг друга вправо и влево. При горизонтальном и осевом движении частей ширмы возникает множество композиционных вариаций. На рисунке 2 представлена ширма зеркальными вставками по бокам или сверху и снизу, также представлены варианты ширм с полным или частичным вращением частей. На рисунке 3 продемонстрированы ширмы с обратной зеркальной стороной, позволяющей полностью отделить и скрыть культовое пространство.

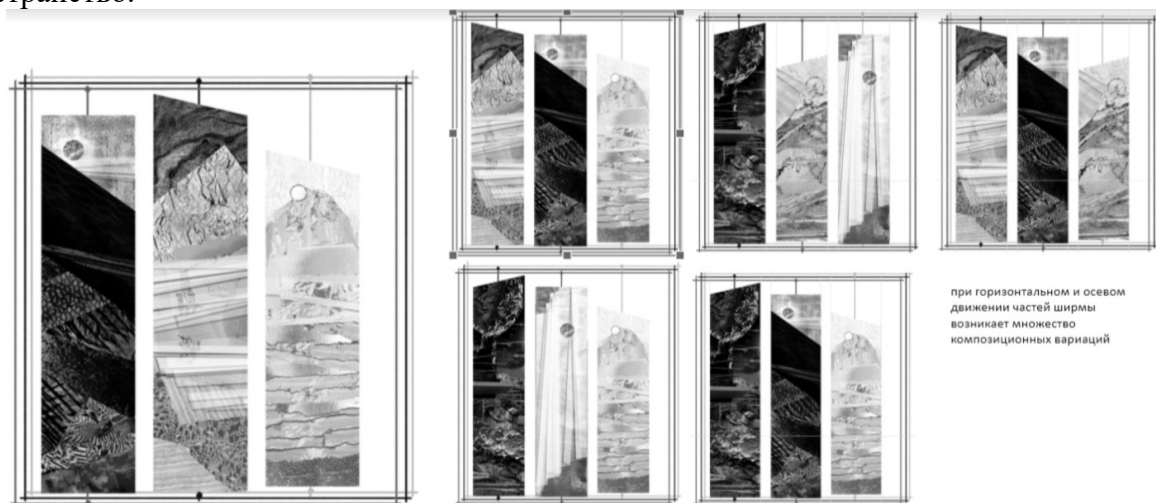


Рис. 1. Двухсторонняя конструкция ширмы.

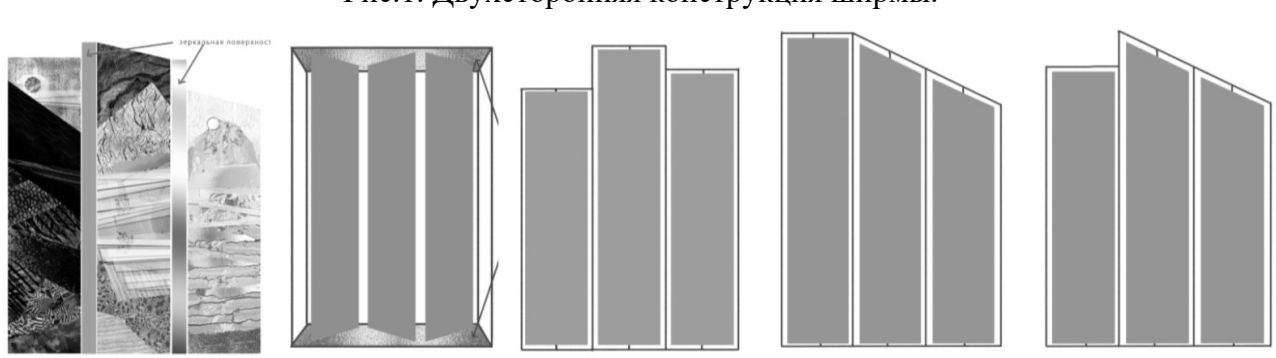


Рис. 2. Ширма с зеркальной поверхностью, ширмы с полным или частичным вращением частей.

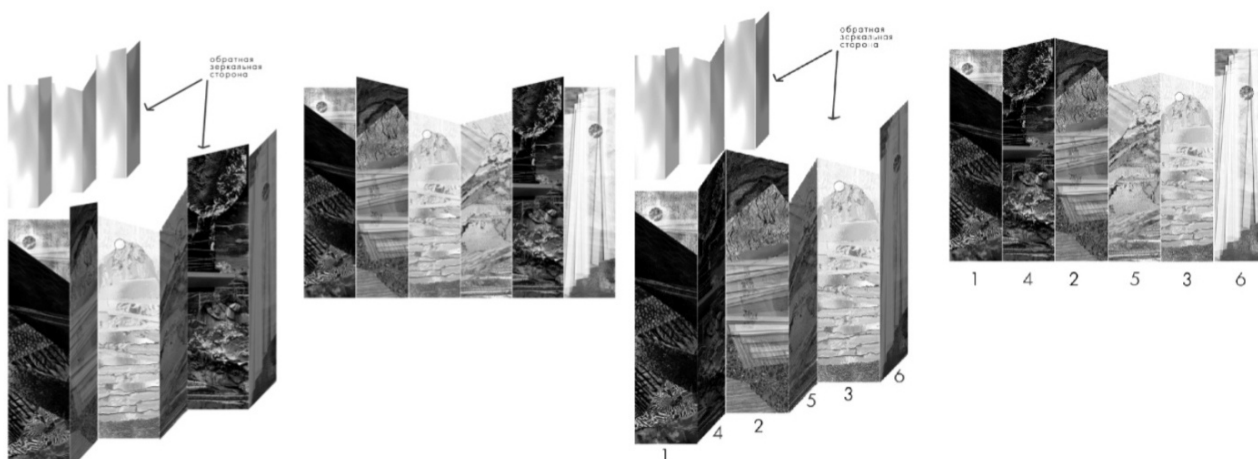


Рис.3. Ширмы с обратной зеркальной стороной.

Данный проект был выполнен в четыре этапа. В рамках настоящей статьи основной акцент сделан на втором, третьем и четвертом этапах.

На первом этапе происходил поиск тематики, общей концепции панно, цветового и графического решения.

Второй этап — это поиск материала, фактур, эксперименты.

Практическая работа проводилась в творческом сотрудничестве с Научно-исследовательским институтом нетканых материалов (ООО «НИИНМ») в городе Серпухов. После подписания договора между институтом и Строгановской академией на основе производства были созданы пробные образцы, которые помогли понять, как работает оборудование с тем или иным сырьем. Они были выполнены на Иглопробивном стенде - 400 (ИС-400), максимально возможная ширина полотна при этом - 40 см.

Первоначально на базе института нетканых материалов были подобраны различные материалы для дальнейшей работы. Далее мы охарактеризуем каждый из них.

Смог-Т. Поверхностная плотность:  $460 \pm 3$  г/м<sup>2</sup>. Температура эксплуатации: до 180°. Рекомендуемая область применения: очистка газо-воздушных выбросов в различных отраслях промышленности (деревообрабатывающая, ювелирная, табачная) и в др. целях.

Топфил (М). Поверхностная плотность:  $450 \pm 23$  г/м<sup>2</sup>. Температура эксплуатации: до 130°.

Сапфир Л. Поверхностная плотность:  $450 \pm 23$  г/м<sup>2</sup>. Температура эксплуатации: до 130°.

Элкафил отличается сетчатой фактурой. Поверхностная плотность:  $390 \pm 19$  г/м<sup>2</sup>. Температура эксплуатации: до 130°. Рекомендуемая область применения: очистка щелочных и кислотных растворов и в др. целей.

Ваз-1. Поверхностная плотность:  $110 \pm 6$  г/м<sup>2</sup>. Температура эксплуатации: до 130°. Рекомендуемая область применения: очистка кислотных жидкостей, эмульсий, растворов, суспензий от загрязнителей.

Т-2 (100). Поверхностная плотность:  $100 \pm 5$  г/м<sup>2</sup>. Температура эксплуатации: до 130°. Рекомендуемая область применения: улавливание аэрозолей в гальванических и других производствах и системах.

Рудфил. Поверхностная плотность:  $70 \pm 15$  г/м<sup>2</sup>. Температура эксплуатации: до 150°. Рекомендуемая область применения: приточно-вытяжные системы вентиляции в различных отраслях промышленности (различная степень пылеемкости).

После подбора материала были произведены различные эксперименты для поиска подходящих поверхностных эффектов: крашение, роспись, создание образцов на ИС-400, печать в типографии.

1. Процесс создания цветного нетканого полотна из волокон (рисунок 4). Для начала волокно необходимо было покрасить, дать ему высохнуть. Далее на производстве волокно прочесывается с помощью чесальной машины. Затем прочесанное волокно укладывается в

нужной цветовой последовательности и пробивается с помощью ИС-400 один или несколько раз до нужной плотности.



Рис.4. Подготовка волокна к прочесыванию, прочесанное волокно, подготовка волокна к иглопробиванию, пробитый материал.

2. Следующий вариант эксперимента — это пробивание различных материалов на нетканной основе, иглопробивание (Рисунок 5). Иглопробивание может быть как основным, где получается готовый материал, так и вспомогательным, когда с материалом еще предстоит работать [1, с. 23]. “Процесс Иглопробивания холста основан на использовании давления зазубрин игл, которые, проходя через холст, протягивают волокна в поперечном направлении.” [1, с. 24] “Холст, подаваемый транспортером, подвергается воздействию игольной плиты, приводящейся в движение кривошипно-шатунным механизмом. В зоне иглопрокалывания холст находится между перфорированными плитами. Нижняя перфорированная плита поддерживает холст и служит для регулировки глубины прокалывания, ее часто называют подкладочным столом. Верхняя перфорированная плита поджимает холст и служит для очистки игл от волокон при обратном их движении. Оттягивающие валки оттягивают готовый материал и одновременно протягивают холст через зону прокалывания.” [1, с. 25]

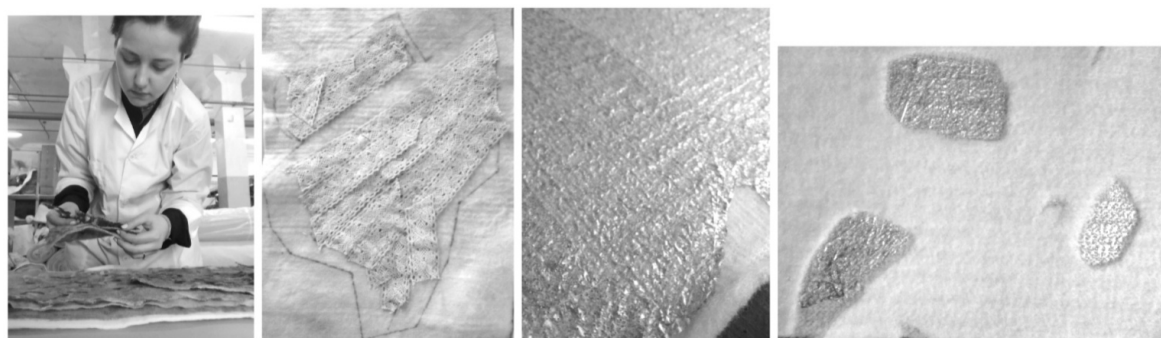


Рис.5. Крепление материала к основе, результат иглопробивания.

В качестве основы для иглопробивания использовался рудфил, элкафил и смог-т. Они различаются плотностью, гибкостью и поверхностным рельефом. При необходимости основу можно красить. Пробиваемыми элементами могут служить: сам нетканый материал, фольга, различные текстильные обрезки, волокно и др. Но важно учитывать общую толщину вместе с основой: есть вероятность поломки игл. После выбора и обработки, если необходимо, надосновных элементов, их нужно закрепить на основе, например, с помощью наметки иглой и ниткой. Далее идет процесс иглопробивания на ИС-400.

3. Роспись является еще одним вариантом работы с нетканым материалом. Она была выполнена в технике горячего батика на элкафиле.

4. Печать. Перед тем, как печатать фрагменты панно в натуральную величину, необходимо было сделать пробные образцы. Он были выполнены на следующих материалах: акрофил, топфил (м) и смог-т. Последний оказался самым подходящим, так как не деформировался во время нанесения рисунка. Внешний вид других был подвержен изменениям, вероятнее всего, из-за пропитки материала.

Исходя из полученных экспериментальных результатов и учитывая достигнутые визуальные эффекты была скорректирована дальнейшая работа: некоторые образцы оказались подходящими, в процесс создания остальных необходимо было вносить изменения. Например, при пробивании темные элементы к светлой основе терялась насыщенность первых, так как иглы поднимали вверх светлое волокно. Учитывая это в следующий раз основу необходимо просто покрасить в нужный цвет. Также некоторые материалы плохо держат влагу и после крашения при вертикальной сушке вода, стекая тянет за собой пигмент, поэтому сушить лучше в горизонтальном положении на невпитывающей поверхности (например, целлофане).

Следующим этапом работы стало распределение видов обработки нетканых материалов относительно фрагментов панно, учитывая экспериментальные наработки.

На третьем этапе были созданы фрагменты панно в натуральную величину, учитывая эскиз и их реально задуманный размер. На Рисунках 6-7 представлены некоторые из фрагментов.

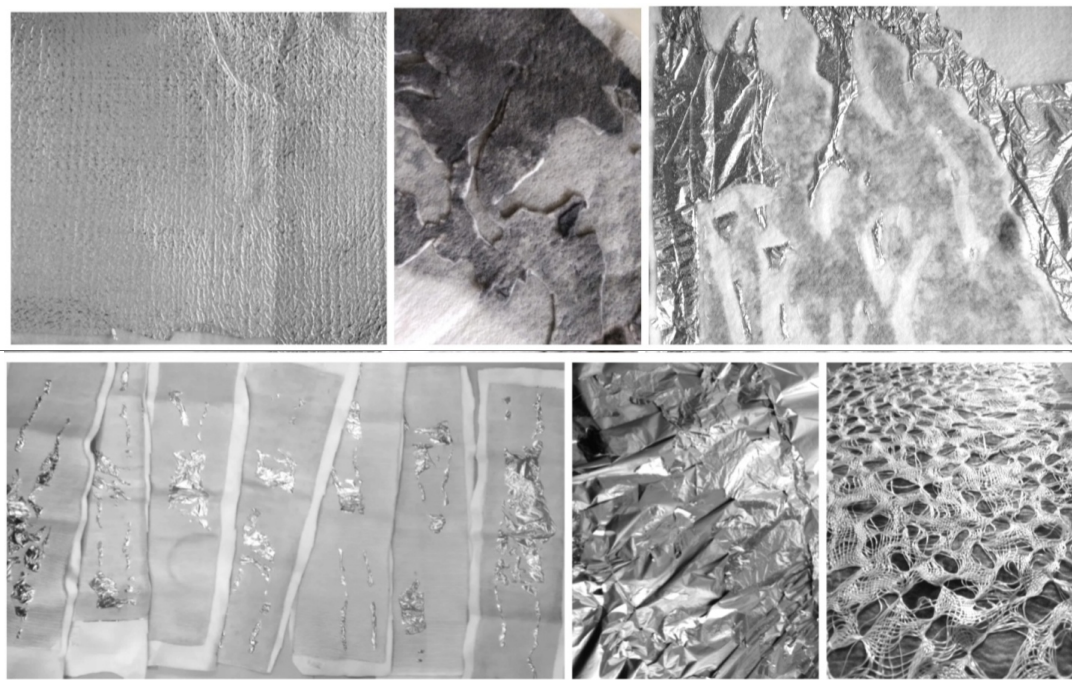


Рис. 6. Фрагменты, выполненные с помощью иглопробивания фольги и нетканых крашенных материалов, пришивания сетки к основе.

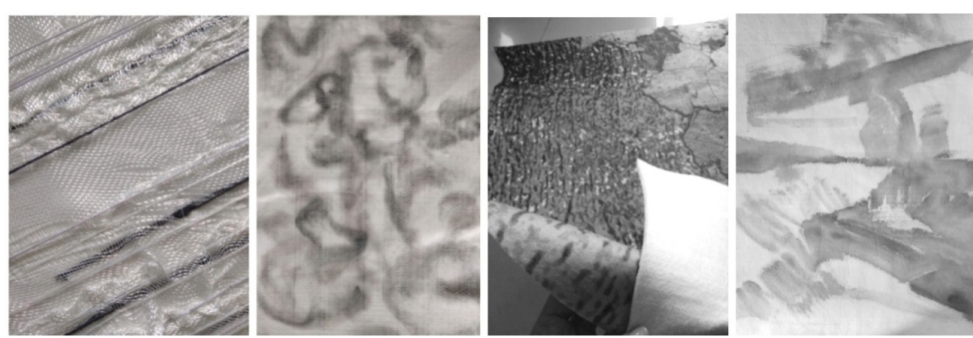


Рис. 7. Фрагменты. Пришивание, иглопробивание, печать и роспись.



Конструкция, основа, сборка - четвертый и заключительный этап. Каркасная конструкция была сварена из квадратного металлического профиля 25/25 мм мастером строгановской академии. В качестве основы для панно был выбран плотный нетканый материал Смог-Т. Далее встал вопрос о креплении материала к конструкции. Крепление с помощью степлера件 невозможно: скобы просто ломаются о металл, если делать отверстие в профиле, то это портит внешний вид. Пришить полотно с помощью ниток и иголки оказалось самым доступным и визуально эстетическим способом крепления полотна.

Поскольку материал Смог-Т, несмотря на свою плотность, обладает хорошей пластичностью, важно было его не перетянуть, но в тоже время поверхность должна быть натянутой и не прогибаться. Предварительно конструкция очищается, а далее пришивается сам материал с учетом подгиба. Следующим этапом является сборка: крепление уже созданных фрагментов панно к основе (Рисунок 8).



Рис. 8. Крепление основы к конструкции, крепление готовых фрагментов к основе.

Концептуальный художественный образ серии панно воплотился в декоре интерьера протестантского храма. Работа с непривычным нетканым материалом наложила свой отпечаток на технико-технологический процесс, но, одновременно, создало широкое поле для новых экспериментов прикладного и производственного характеров, что помогло глубже узнать материалы, их свойства, “поведение”, художественные возможности в границах конкретного опыта. Материалы статьи могут быть основой для дальнейшей научной работы в области изучения возможностей художественного текстиля в современной архитектуре при решении проблемы зонирования пространства.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Антонова М. В. Красина И. В. Нетканые текстильные материалы [Текст]: учебное пособие / М-во образования и науки России, Федеральное гос. бюджетное образовательное учреждение высш. образования "Казанский нац. исследовательский технологический ун-т". - Казань: Изд-во КНИТУ, 2016. - 78 с.

## ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ТЕКСТИЛЯ С НАБИВНЫМИ РИСУНКАМИ ПО ТРЕБОВАНИЯМ СИЛОВЫХ СТРУКТУР

### FEATURES OF THE PRODUCTION OF TEXTILES WITH PRINTED CAMOUFLAGE PATTERNS

Р.А. Гришин<sup>1</sup>, А.Р. Зимнуров<sup>1</sup>, Е.Б. Санжеева<sup>2</sup>, О.В. Козлова<sup>1</sup>  
R.A. Grishin<sup>1</sup>, A.R. Zimmurov<sup>1</sup>, E.B. Sanzheeva<sup>2</sup>, O.V. Kozlova<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ивановский государственный химико-технологический университет

<sup>2</sup>ООО «БТК Текстиль», г.Шахты

<sup>1</sup>Ivanovo State University of Chemical Technology. Ivanovo,

<sup>2</sup>LLC "BTK Textile", Shakhty

E-mail: ovk-56@mail.ru

**Работа посвящена обоснованию эффективности применения отечественных полимерных модификаторов при создании на колорированных под камуфляж рисунков эффекта ИК-ремиссии.**

**Ключевые слова:** текстильные материалы, печать пигментами, полимерные модификаторы, полимерно-пигментные композиции, камуфляж, ИК-ремиссия.

**The work is devoted to the substantiation of the effectiveness of the use of domestic polymer modifiers when creating the effect of IR remission on colored camouflage patterns.**

**Key words:** textile materials, printing with pigments, polymer modifiers, polymer-pigment compositions, camouflage, IR remission.

Проектирование камуфляжей очень сложный и трудоемкий процесс и сегодня он немыслим без применения современной компьютерной техники. В этом процессе задействованы и последние достижения в области обработки информации, и некоторые научные знания, касающиеся, например, особенностей психофизического восприятия человеком окружающей среды. Развитые страны, такие как США, проектируют рисунок в соответствии с ландшафтом той местности, в которой предполагается в скором времени вести боевые действия. Таких особенностей, от которых зависит маскирующий эффект, великое множество. Однако невозможно создать идеальный всепогодный камуфляж, поэтому военные отдают предпочтение специализированным камуфляжам, возможности которых максимально расширены [1].

Кроме рисунка большое внимание уделяется параметрам ткани, которая должна быть одновременно и прочной, и удобной, а также поглощала бы ИК-излучение приборами ночного видения. При создании камуфляжей также необходимо учитывать особенности производства и того оборудования, на котором создается текстиль для военной формы. Если печатное оборудование не в состоянии обеспечить нужные цветовые оттенки, если выбранная ткань меняет со временем окраску, если ее фактура непригодна для нанесения нужного рисунка, все старания бессмысленны. Именно поэтому в проектировании камуфляжей должны быть задействованы самые последние достижения науки и техники [2].

Настоящее исследование направлено на изучение технических свойств полимеров-модификаторов и оценке возможности использования их в пигментно-полимерной композиции для получения ИК-ремиссии.

Для решения поставленной задачи определены объекты и методы исследования. Текстильные материалы выбраны с позиции их назначения для пошива одежды работников силовых структур и других категорий потребителей, нуждающихся в маскировке при дневном и ночном видении. Модифицирующее покрытие планируется формировать с использованием полимерных препаратов отечественного производства – водных дисперсий акриловых и

полиуретановых полимеров. В качестве добавки, позволяющей добиться ИК-ремиссии на напечатанном камуфляже, выбран сажевый пигмент принтекс черный.

Технология модификации заключалась в следующем: на хлопкополиэфирные ткани, напечатанные под камуфляж, наносили ракельным способом загущенный полимерный состав, включающий, в г/кг: связующее-биндер - 200; загуститель - 14; пигмент принтекс черный – 2-10. Образцы сушили в термошкафу при T=80°C, подвергали фиксации горячим воздухом при T=160°C, τ=2 мин. Параллельно проводили прямую печать такими же пигментами, как и в камуфлированном рисунке. Но при этом пигмент черный для получения ИК-ремиссии вводили в каждую краску в количествах, индивидуальных для каждого цвета.

В работе использованы отечественные водные дисперсии акриловых и уретановых полимеров. В таблице 1 представлены представители этих полимеров, выпускаемые российскими химическими компаниями. Полимеры разнообразны по физическим характеристикам эмульсий – размеру частиц эмульсии, масс. % основного вещества в эмульсии. Из данных таблицы 1 видно, что по мономерному составу, а, следовательно, по типу присутствующих в них функциональных групп, полимеры очень отличаются друг от друга и имеют широкий диапазон физико-механических свойств.

Таблица 1

№	Наименование препарата	Химический состав	Применение
1	Рузин-33 ООО «Сван»	сополимер метакриловых мономеров с бутилакрилатом, акриламидом, метакриловой кислотой	в качестве грунта в кожевенной промышленности
2	Рузин-14и ООО «Сван»	стиролметакриловый сополимер с 2-этилгексилакрилатом, бутилакрилатом, глицидилметакрилатом, метакриловой кислотой, метилолакриламидом	связующее в печатных красках текстильной промышленности
3	Ларус-33 ООО «Сван»	водная дисперсия на основе винилацетата, модифицированная акриловой кислотой.	лакокрасочная, полиграфическая и легкая промышленность
4 5	Аквапол-10, Аквапол-11 ЗАО «Макромер»	полиуретановая дисперсия с изоцианатом ароматической природы	для отделки кож, ЛКМ и покрытий, в обоевой и легкой промышленности, в качестве замасливателей для стекловолокна, клеев, адгезивов, в процессе получения искусственных кож и защитной одежды
6 7	Аквапол-12, Аквапол-21 ЗАО «Макромер»	полиуретановая дисперсия с изоцианатом алифатической природы	
14	Лакротен-61 ООО «Оргхимпром »	водная дисперсия акрилового сополимера	наполнители для строительных материалов
15	Лакротен-72 ООО «Оргхимпром »	водная дисперсия самоструктурирующегося сополимера акриловой природы	для обработки натурального и искусственного меха

С целью определения возможности применения новых препаратов при модификации целлюлозосодержащих тканей, нами проанализированы такие существенные для готовой одежды свойства, как жесткость грифа (по углу отклонению образца от горизонтали). Кроме отечественных полимеров на диаграмме присутствуют данные с использованием зарубежного полимерного препарата – Биндера-83 и одного из самых жестких пленкообразующих полимеров винилацетатной эмульсии ПВА.

Мягкий гриф текстильного материала (рисунок 1), можно получить при использовании препаратов: Рузин-14И и Рузин-33. Эти препараты относятся к акриловым сополимерам;



водные тонкодисперсные эмульсии в процессе поверхностного нанесения обволакивают структурные элементы волокна, а после сушки и фиксации горячим воздухом в результате наличия в структуре этих полимеров таких мономеров, как бутилакрилат, эфиры акриловой кислоты, формируют прочную эластичную пленку. В то же время, наличие в акриловом полимере винилацетатных фрагментов, как у Ларуса-33, повышает жесткость ткани.

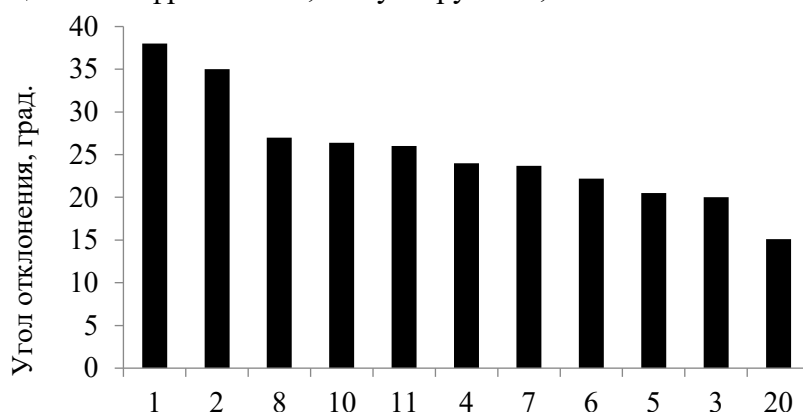


Рис. 1. Показатели жесткости тканей, модифицированных различными полимерами: 1-Рузин-33; 2-Рузин-14и; 3-Ларус-33; 4-Лакротен-61; 5-Аквапол-10; 6-Аквапол-11; 7-Аквапол-12; 8-Аквапол-21; 10-Лакротен-72; 11- Биндер 83; 20-ПВА

Таким образом, полимерно-модифицирующая композиция для нанесения ее на колорированную под камуфляж ткань, включала Рузин-14и. Спектральные характеристики, снятые с коричневого пятна камуфлированной ткани до и после модификации пигментно-полимерной композицией, приведены на рисунке 2 и свидетельствуют о снижении коэффициента отражения в ИК-области спектра на 10 %. Более чистые цвета, такие, как желтый, синий и красный имеют коэффициенты отражения на уровне 50-65% и дают снижение этих показателей при модификации до 20-25%.

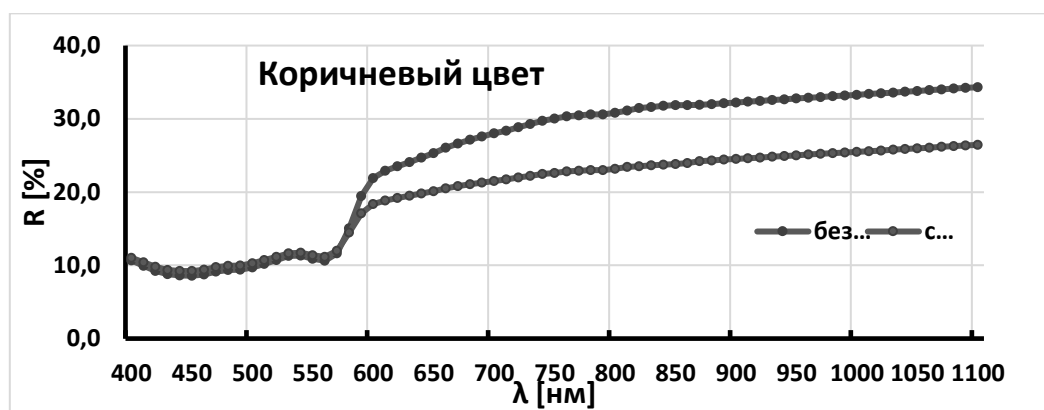


Рис.2. Спектральные характеристики, снятые с коричневого пятна камуфлированной ткани до (верхняя кривая) и после модификации (нижняя кривая)

Полученные результаты могут быть использованы при выдаче рекомендаций для промышленного освоения технологии получения рисунков с ИК-ремиссией путем поверхностной модификации текстильных материалов пигментно-полимерными композициями.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. <https://forum.splav.ru/index.php?/topic/742-инфракрасная-ремиссия/>
2. <https://studylib.net/doc/10973025/assessment-and-verification-of-the-functionality-of-new>.  
Оценка и проверка работоспособности камуфляжных рисунков

## ВЛИЯНИЕ ТИПА ВОЛОКНИСТОГО МАТЕРИАЛА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДЕЙСТВИЯ НА НЕГО ОГНЕЗАЩИТНЫХ ПРЕПАРАТОВ

## INFLUENCE OF THE FIBROUS MATERIAL TYPE ON THE EFFECT OF FIRE PROTECTION AGENTS ON IT

Р.Н. Демидов<sup>1</sup>, А.С. Федоринов<sup>2</sup>, Е.Л. Владимирцева<sup>1</sup>, Е.П. Сидоренкова<sup>3</sup>  
R.N. Demidov<sup>1</sup>, A.S. Fedorinov<sup>2</sup>, E.L. Vladimirtseva<sup>1</sup>, E.P. Sidorenkova<sup>3</sup>,

<sup>1</sup>Ивановский государственный химико-технологический университет

<sup>2</sup>Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

<sup>3</sup>ООО «ХимТехника» (Иваново)

<sup>1</sup>Ivanovo State University of Chemistry and Technology,

<sup>2</sup>Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters

<sup>3</sup>Limited Liability Company «HimTehnika» (Ivanovo)

E-mail: sizzyn@mail.ru

Рассматриваются теоретические и практические аспекты пожароопасности текстильных материалов. Доказано, что стойкость к воспламенению в этом случае определяется не только природой волокна. На нее оказывает влияние также и вид текстильного материала (волокно, ткань).

**Ключевые слова:** антипирены, текстильные материалы, огнезащитная отделка

The theoretical and practical aspects of the fire hazard of textile materials are considered. It has been proven that the flame resistance in this case is determined not only by the nature of the fiber. It is also influenced by the type of textile material (fiber, fabric).

**Key words:** flame retardants, textiles, fire retardant finishing

Тот факт, что химический состав текстильных материалов оказывает значительное влияние на их горючесть является общеизвестным. Характеристики горючести различных текстильных материалов приведены в научно-технической литературе. Обобщенные данные, основанные на разных литературных источниках, представлены в таблице 1 [1-3].

Таблица 1

Характеристика горючести текстильных материалов

№	Текстильные материалы	Температура воспламенения, °С	Температура самовоспламенения, °С	КИ, %
1.	Целлюлозные	210-255	390-410	17-20
2.	Шерстяные	315-600	460-590	22-26
9.	Ацетатные	300-540	380-520	18-19
3.	Полиамидные.	355-575	424-530	20-23
5.	Полиэфирные	380-560	400-500	20-22
6.	Полиакрилонитрильные	200-250	465-515	18-20
7.	Полипропиленовые	325-570	390-500	17-18
8.	Поливинилхлоридные	~400	455-550	40-60

При этом основные показатели приводятся в достаточно широких интервалах, что затрудняет конкретизацию условий возгорания и определение критериев огнеопасности материалов. Разница между граничными условиями не случайна и во многом будет зависеть от того, в каком виде находится текстиль: волокно, пряжа, ткань, имея один тот же химический

состав, будут по-разному воспламеняться, гореть, разрушаться под действием огня. Подчиняясь общим закономерностям процесса горения, текстильные материалы, состоящие из разных типов волокна, имеют свои особенности сгорания.

Кроме того, следует учитывать, что при получении текстильных материалов из волокон применяются различные текстильно-вспомогательные вещества, что вполне может отразиться на характеристиках горения материала. Поэтому сравнительный анализ процессов горения текстильных материалов, имеющих один химический состав, но отличающихся по форме имеет большое практическое значение для оценки пожарной опасности и прогнозирования, и исследования возможности возгорания.

В работе исследовалось горение текстильных материалов различного волокнистого состава - натуральные (хлопок (Хл), лен (Л), шерсть (Ш)) и синтетические (полиамид (ПА), полиэфир (ПЭФ), полиакрилонитрил (ПАН)) – находящихся в виде волокна (ленты) и ткани.

Устойчивость к горению материала определяли методом по времени полного сгорания образца 20x200 мм, подвешенного на штативе вертикально над газовой горелкой с высотой пламени 20 мм. Результаты представлены на рис.

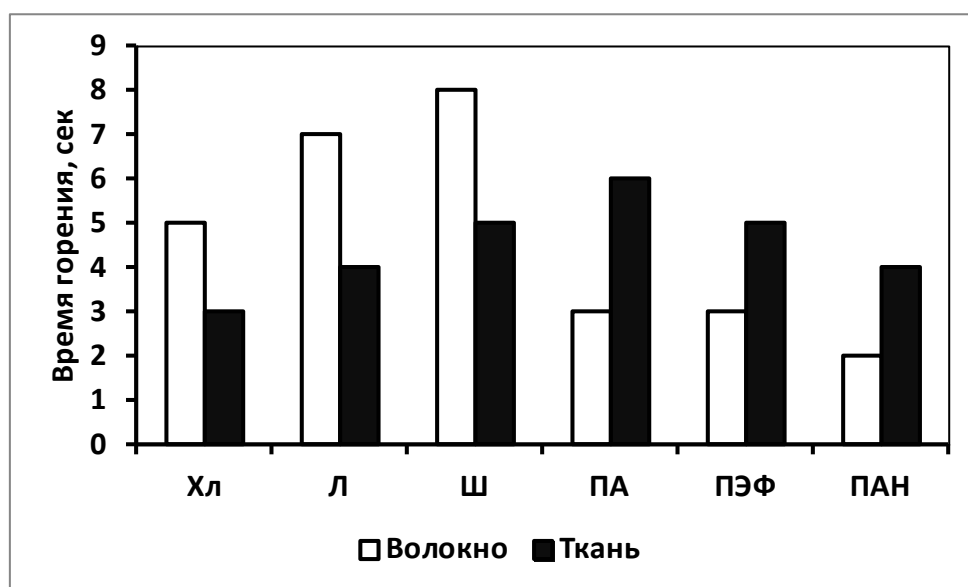


Рис. 1. Время сгорания текстильных материалов

Как видно из диаграммы, тканые образцы из натуральных материалов сгорают быстрее, чем волокно. Особенно заметна разница при сжигании шерсти и льна. Вероятно, в этом случае горение замедляют содержащиеся в волокнистом материале сопутствующие вещества, которые удаляются при последующих операциях отделки. Косвенно это предположение подтверждается тем фактом, что льняное волокно горит заметно медленнее, чем хлопковое. В качестве основного вещества эти волокна содержат целлюлозу, но нецеллюлозных примесей у льна гораздо больше, чем у хлопка [4]. Из природных материалов наибольшую стойкость к огню имеет шерсть: независимо от вида образцы сгорают гораздо медленнее целлюлозосодержащих.

У синтетических волокон картина другая – волокно и ткань разрушаются примерно за одно и то же время. Причем горением этот процесс можно назвать весьма условно: образец расплавляется, усаживаясь в направлении от пламени. Когда расстояние от открытого огня увеличивалось, образцы полиамидного и полиэфирного материала самостоятельно затухали, при этом процесс шел в волокне быстрее, чем в ткани.

Чтобы определить эффективность действия антипиренов на исследуемые типы материалов, их обрабатывали препаратами под торговой маркой Тезагран, предназначенными для соответствующих видов волокон: Тезагран-Хл для хлопчатобумажного волокна и ткани; Тезагран-Л для льна; Тезагран-Ш для шерсти; Тезагран-П для синтетических материалов.

Препараты применяли в соответствии с рекомендациями производителя в концентрации 1/3 от рекомендованной [5], чтобы сохранить у исследуемых материалов способность к горению. Анализируя полученные результаты, отметили, что как у натуральных, так и у синтетических материалов ткань приобретает большую устойчивость к огню, чем волокно – в ряде случаев горение прекращалось даже при пониженной концентрации антипирена. Поэтому контролировали результаты не только по времени сгорания, но и по высоте обугливания образцов (табл.2).

Таблица 2

Показатели горючести обработанных антипиренами текстильных материалов

Материал	Время полного сгорания, с		Высота обугливания, мм	
	волокно	ткань	волокно	ткань
Хлопок	15	20	-	-
Лен	18	25	-	-
Шерсть	-	-	160	100
Полиамид	-	-	180	100
Полиэфир	-	-	140	110
Полиакрилонитрил	-	-	160	110

Таким образом, факт влияния вида в котором находится текстильный материал на его пожаробезопасность можно считать доказанным. Дальнейшие исследования будут направлены на изучение пожарно-технических характеристик широкого ассортимента различных видов текстильных материалов и разработки модели для прогнозирования их поведения при возгорании как в натуральном виде, так и после отделки антипиренами.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Баратов А.Н., Константинова Н.И., Молчадский И.С. Пожарная опасность текстильных материалов. М.: 2006. 271с.
2. Козинда З.Ю., Горбачева И.Н., Суворова Е.Г., Сухова Л.М. Методы получения текстильных материалов со специальными свойствами (антимикробными и огнезащитными). М.: Легпромбытиздат, 1988. 112 с.
3. Перепелкин К.Е. Горючесть волокон и текстиля - одна из важнейших характеристик опасности/безопасности // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности. 2009. Т. 4. № 2. С. 22-28.
4. Справочник по химической технологии обработки льняных тканей. –М.: Легкая индустрия, 1973.- 408 с.
5. Тезагран, Термотекс - эффективные и экологически безопасные огнезащитные и огнебиозащитные составы для обработки древесины, текстиля и других полимерных материалов. - <http://www.apotex.ru/component/content/article/27> (18.09.2020).

## ПОЛУЧЕНИЕ ГЕМОСТАТИЧЕСКИХ ПЛЕНОК МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОФОРМОВАНИЯ

### ELECTROSPINNING OF HEMOSTATIC FILMS

М.А. Демидова<sup>1</sup>, В.А. Новицкая<sup>2</sup>, Д.Б. Рыклин<sup>1</sup>, С.В. Гвоздев<sup>2</sup>  
M.A. Demidova<sup>1</sup>, V.A. Novitskaya<sup>2</sup>, D.B. Ryklin<sup>1</sup>, S.V. Gvozdev<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь

<sup>2</sup>Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет,  
Республика Беларусь

<sup>1</sup>Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus

<sup>2</sup>Vitebsk State Order of the Peoples' Friendship Medical University, Republic of Belarus

E-mail: demidova.mariya00@gmail.com, veronikanovitskaya1998@gmail.com,  
ryklin-db@mail.ru, 5170644@gmail.com

**Разработана гемостатическая пленка для остановки паренхиматозного кровотечения, получаемая путем электроформования на основе волокнообразующего раствора поливинилового спирта. В качестве функциональных добавок выбраны хлорид алюминия и хлорид железа. Определено максимально возможное содержание функциональных добавок, не препятствующее стабильному процессу электроформования. Установлено влияние комплекса функциональных добавок на протекание процесса электроформования и структуру получаемых материалов.**

**Ключевые слова:** электроформование, нановолокна, биомедицина, поливиниловый спирт, гемостатическая пленка.

**An electrospun hemostatic film has been developed for stopping parenchymal bleeding on the basis of the fiber-forming solution of polyvinyl alcohol. Aluminum chloride and ferric chloride were selected as functional additives. The maximum possible content of functional additives which does not interfere with a stable electroforming process has been determined. The effect of the functional additives complex on the electrospinning process and the structure of the obtained film has been established.**

**Key words:** electrospinning, nanofibers, biomedicine, polyvinyl alcohol, hemostatic film.

Получение электроформованных нановолокнистых материалов, покрытий и конструкций является одним из перспективных решений для многих сфер биомедицины и косметологии. Считается, что именно электроформование позволяет наиболее полно управлять характеристиками производимых нановолокон, поскольку в процессе производства нановолокна проходят различные стадии обработки, и на каждой стадии можно применять разные методы и манипуляции для улучшения продукта. Именно электроформованные нановолокна могут обеспечить создание материалов для лечения ран из-за доступности их производства, способности имитировать внеклеточный матрикс кожи и неспособности передавать заболевания в отличие от обычных кожных трансплантатов [1]. Нановолокна широко используются в лечении диабетических ран. Диабетическая инфекция – это хроническое трудноизлечимое осложнение. Кожа больных сахарным диабетом склонна к повреждению, заживление после травмы происходит медленно, и рана возникает повторно. Поэтому существует острая необходимость в разработке эффективного метода лечения диабетических ран, что возможно при производстве специфических электроформованных нановолокон с механизмом медленного высвобождения лекарственных средств [2]. Электроформованные нановолоконные мембраны также являются объектом интереса со стороны исследователей в качестве потенциального физического барьера для уменьшения послеоперационной адгезии [3]. Поскольку предотвращение инфицирования раны остается критическим шагом для облегчения заживления ран после наложения повязки на рану, разрабатываются электроформованные материалы с биосовместимостью, высокой

механической прочностью, сильной адсорбционной способностью и включением антибиотика для обеспечения контролируемой противомикробной терапии [4].

Целью данной работы являлась разработка медицинской гемостатической пленки для остановки паренхиматозного кровотечения для использования в хирургии.

На сегодняшний день паренхиматозное кровотечение у пациента, вызванное как хирургическим вмешательством, так и криминальными, боевыми травмами, ставит перед врачом три проблемы, от решения которых зависит дальнейшее состояние и осложнения здоровья человека: угроза гипоксии, предотвращение геморрагического шока и остановка непосредственно самого кровотечения [5]. Последний вопрос особенно остро стоит в последние годы, в связи с отсутствием на данный момент совершенного способа достижения гемостаза при повреждениях печени, селезенки, почек, поджелудочной железы. Данные органы обладают определенными анатомическими особенностями (множество синусоидальных капилляров печени, отсутствие клапанного механизма в венозных сосудах, слабая сократительная способность паренхимы), что осложняет остановку их кровотечений и делает невозможным применение некоторых традиционных методик [6, 7]. Например, механические способы достижения гемостаза (прошивание, сдавливание) являются временной мерой. Что касается физических методов (электро-, термо-, лазерная-, ультразвуковая коагуляция), то при их использовании образуется большая зона воспаления и некроза, а также не исключено прилипание и обрыв тканей. Кроме того, в случае использования монополярной коагуляции возможно повреждение электротокотом тканей и органов, отдаленных от места оперативного вмешательства [6, 8].

Одним из наиболее эффективных методов остановки паренхиматозного кровотечения является использование гемостатических лекарственных препаратов. Разработка местных, более «щадящих» препаратов, в последнее время набирает все большие обороты, однако имеющиеся сегодня на рынке препараты соответствуют далеко не всем требованиям эффективности, среди которых можно выделить следующие: необходимость достижения гемостаза за временной интервал менее 2 минут, высокая адгезивность, отсутствие токсичных и антигенных свойств, удобство применения, легкость снятия с подложек, не подвергающихся биодegradации [9, 10]. Соответственно, одни не могут использоваться при эндоскопических операциях, другие не способны полностью деградировать в организме человека, что приводит к воспалению и потребности повторного оперативного вмешательства, третьи не обладают достаточной адгезией.

Сегодня на фармацевтическом рынке присутствуют различные варианты губок гемостатических. Опыт использования таких лекарственных препаратов на основе целлюлозы показал определенные ограничения в применении: целлюлоза способна сильно набухать, поэтому после выполнения своей цели такие гемостатики должны удаляться из участков, окружающих костный мозг, хиазму, зрительный нерв во избежание сжатия данных структур [11]. Гемостатические губки на основе коллагена не способны справиться с массивным кровотечением, а само вещество подвергается резорбции в течение 4 недель, причем наблюдается умеренное воспаление прилежащих тканей в области нанесения лекарственного препарата. Лекарственные препараты на основе желатина, то всегда существует риск эмболии при попадании в сосуд и возможности возникновения инфекции [9]. Все это в совокупности приводит к тому, что поиск и разработка местных лекарственных препаратов для остановки паренхиматозного кровотечения активно продолжается [12].

На основании проведенного анализа высказана гипотеза о том, что технология электроформования позволит получать быстродеградирующие медицинские пленки, содержащие в своем составе комплекс функциональных добавок.

Исследования проводились на установке для формирования нановолокнистых материалов Fluidnatek LE-50. Как и на других установках, электроформование на которых осуществляется с использованием капилляров, электрическое напряжение прикладывается к раствору полимера, который при помощи дозатора подается на прядильную головку. Высокое напряжение индуцирует в растворе полимера одноименные электрические заряды, которые, в

результате кулоновского электростатического взаимодействия, приводят к вытягиванию раствора полимера в тонкую струю. В процессе электростатического вытягивания полимерной струи она может претерпевать ряд последовательных расщеплений на более тонкие струи при определенном соотношении значений вязкости, поверхностного натяжения и плотности электрических зарядов (или напряженности электростатического поля) в волокне [13]. Полученные струи отверждаются за счет испарения растворителя, превращаясь в волокна, и под действием электростатических сил дрейфуют к заземленной подложке, закрепленной на осадительном электроде [14].

В результате анализа возможных вариантов исходного сырья установлено, что для получения нановолокнистых материалов, характеризующихся быстрой биodeградацией, целесообразно использовать в качестве волокнообразующего полимера поливиниловый спирт (ПВС) марки Arkofil PPL (Arhroma, Швейцария).

В ходе предварительных исследований установлено, стабильный процесс электроформования осуществляется при использовании растворов с содержанием 14–16 % ПВС в зависимости от вида функциональной добавки, а также влажности воздуха в камере установки. В связи с этим было принято решение разработать новый вид нановолокнистого материала хирургического назначения на основе 14%-ного раствора ПВС.

В качестве функциональных добавок были выбраны хлорид железа  $AlCl_3$  и хлорид алюминия  $FeCl_3$ . Стандартное применение солей алюминия в медицине подразумевает оказание антацидного эффекта при пероральном приеме [10]. Препараты железа, как в парентеральной, так и пероральной форме ассоциируются в первую очередь с лечением железодефицитной анемии [11]. Однако давно доказана способность данных металлов вызывать денатурацию белков крови с переходом в твердое состояние, что позволяет реализоваться их гемостатическому эффекту. Подобное действие могут оказывать и другие неорганические соединения, но наиболее популярными являются именно соли алюминия и железа [12]. Так, белорусской фармацевтической промышленностью выпускаются такие лекарственные препараты, как «Алюстат» или «Гамастат» – они оба имеют лекарственную форму раствора, что, однако, не всегда удобно и эффективно для остановки паренхиматозного кровотечения [15, 16].

В ходе проведенных экспериментов по моделированию паренхиматозного кровотечения на печени крыс и оценке гемостатической эффективности различных концентраций хлоридов алюминия и железа, находящихся в жидкой лекарственной форме, было установлено, что наиболее быстрая остановка кровотечения наблюдалась в группе, где содержание железа составляло 10 % и алюминия 5%, и в группе, где одиночно присутствовал один алюминий в 10%-ной концентрации. Однако в связи с появлением мощного воспаления и множественных спаек на 3 сутки после проведения оперативного вмешательства в первой, оговоренной нами группе, наиболее эффективным признан состав с 10%-ным хлоридом алюминия [17]. Именно этот состав, а также состав с 5%-ным железом хлоридом и 10%-ным алюминия хлоридом, применяемым в лекарственном препарате «Гамастат», и был принят нами для включения в состав медицинской гемостатической пленки.

Процесс приготовления растворов осуществлялся в 2 этапа:

1. Приготовление водного раствора ПВС на водяной бане до полного растворения гранул полимера. При этом массовая доля ПВС в растворе на данном этапе подбиралась таким образом, чтобы его содержание в окончательном растворе с функциональными добавками составила 14%.

2. Растворение в полученном растворе порошков хлорида железа  $AlCl_3$  и хлорида алюминия  $FeCl_3$  при комнатной температуре.

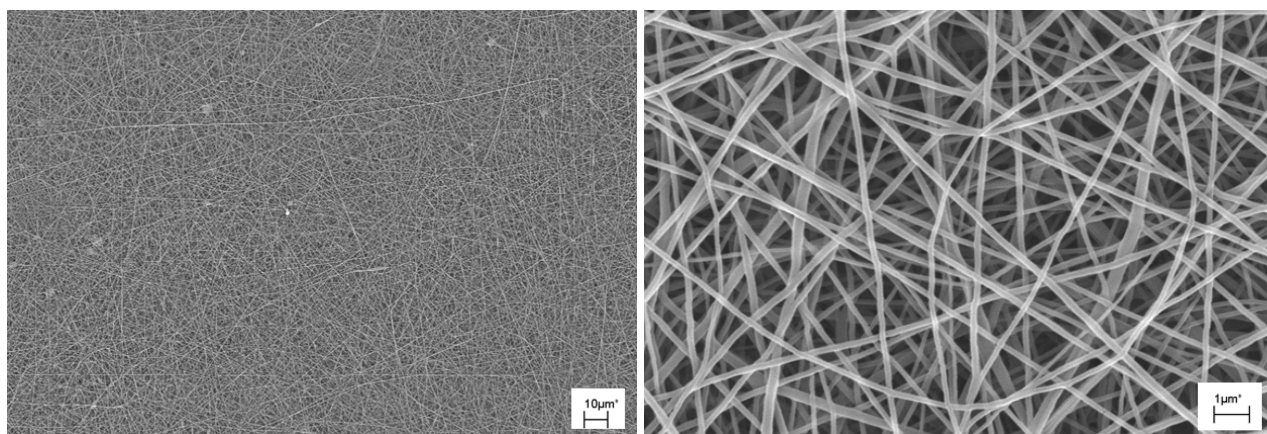
На начальном этапе исследований необходимо было определить максимальные концентрации функциональных добавок, при которых процесс электроформования протекает стабильно.

На первом этапе исследований осуществлена попытка получения нановолокнистого материала из прядильного раствора, содержащего 6 %  $AlCl_3$  и 3 %  $FeCl_3$ . Однако при

использовании такого раствора не происходило формирование конуса Тейлора и формирования заряженной струи полимера. При снижении концентрации  $AlCl_3$  до 2 % и  $FeCl_3$  до 1 % процесс электроформования протекал нестабильно. Достаточной стабильности процесса удалось добиться при концентрации 1,4 %  $AlCl_3$  и 0,7 %  $FeCl_3$ . При этом содержание солей алюминия и железа в получаемой гемостатической пленке соответствует их содержанию в препарате «Гамастат» – 10 % и 5 %, соответственно. Оптимальный расход раствора составил 1,1 мл/ч, что на 15 % ниже значения соответствующего показателя, определенного для 14%-ного раствора ПВС Arkofil PPL без функциональных добавок.

Исследование структуры получаемых нановолокнистых материалов осуществлялось с использованием электронного сканирующего микроскопа LEO 1420 (Carl Zeiss, Германия).

На рисунках 1 и 2 в представлены изображения структуры нановолокнистого материала, выработанного из 14%-ного раствора ПВС Arkofil PPL без функциональных добавок и с солями алюминия и железа, полученные при разном увеличении.



а) 1000 раз

б) 15 000 раз

Рис. 1. Изображения структуры нановолокнистого материала, выработанного из 14%-ного раствора ПВС Arkofil PPL без функциональных добавок, полученные при разном увеличении

Можно заметить, что введение в состав прядильного растворов солей алюминия приводит к снижению равномерности нановолокнистого покрытия. Сопоставление рисунков 1 б и 2 б, полученных при максимальном увеличении, показывает, что волокна получаемой гемостатической пленки в значительной степени покрываются раствором солей. На рисунке 2 а видно, что растворы  $AlCl_3$  и  $FeCl_3$  достаточно равномерно распределены по всей площади материала. Однако заметны локальные участки, на которых растворение присутствует неполностью растворенные гранулы размером от 5 до 10 мкм, которые не были видны ни в растворе, ни на поверхности получаемых пленок.

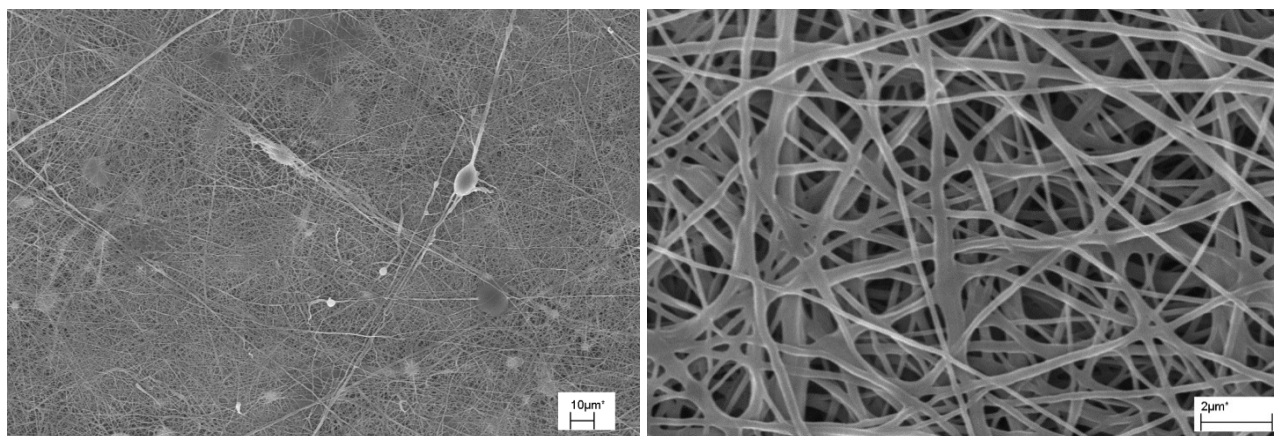
Количественная оценка равномерности нановолокнистого покрытия осуществлялась на основании анализа законов распределения нановолокон по диаметру. Было отмечено сходство полученных распределений. В обоих случаях распределение волокон по диаметру соответствует логнормальному закону, что позволяет считать процесс расщепления струи на всем пути от эмиттера до коллектора стационарным.

Характеристики получаемых нановолокон приведены в таблице 1. Можно отметить, что средний диаметр электроформованных волокон при добавлении в раствор солей алюминия и железа увеличивается незначительно, в то время как неравномерность волокон по диаметру существенно возрастает.



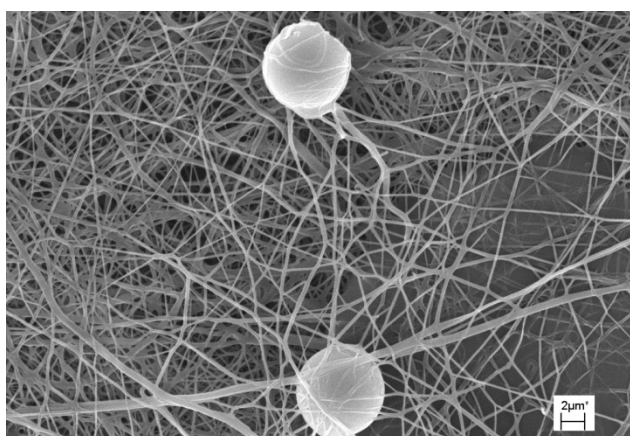
Характеристики электроформованных волокон нановолокон

Состав прядильного раствора	Средний диаметр волокна, нм	Коэффициент вариации по диаметру волокна, %
Вода – 86,0 %, ПВС – 14,0 %	171,8	21,65
Вода – 83,9 %, ПВС – 14,0 %, $AlCl_3$ – 1,4 %, $FeCl_3$ – 0,7 %	177,2	32,77



а) 1000 раз

б) 15 000 раз



в) 5000 раз

Рис. 2. Изображения структуры нановолокнистого материала, выработанного из 14%-ного раствора ПВС Arkofil PPL с добавлением 1,4 %  $AlCl_3$  и 0,7 %  $FeCl_3$ , полученные при разном увеличении

Полученные пленки легко отделялись от подложки, в качестве которой использовалась бумага, а при накладывании на влажную поверхность быстро растворялись, образуя тонкий желеобразный слой. Указанные свойства полученных электроформованных материалов свидетельствуют о технической возможности их использования в качестве гемостатических пленок для остановки паренхиматозного кровотечения.

На следующем этапе работы запланировано проведение доклинических испытаний с целью оценки эффективности разработанных нановолокнистых материалов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Arida, I.A. Electrospun polymer-based nanofiber scaffolds for skin regeneration / I.A. Arida, I.H. Ali, M. Nasr, I.M. El-Sherbiny // Journal of Drug Delivery Science and Technology. – 2021. – V. 64. – Article 102623.

2. Xua, X. Silk fibroin/poly-(L-lactide-co-caprolactone) nanofiber scaffolds loaded with Huangbai Liniment to accelerate diabetic wound healing / X. Xua, X. Wang, C. Qin, A.R. Khan, W. Zhang, X. Mo // *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*. – 2021. – V. 199. – Article 111557.
3. Mao, Y. Facile fabrication of phospholipid-functionalized nanofiber-based barriers with enhanced anti-adhesion efficiency / Y. Mao, R. Guidoin, G. Brochu, Y. Li, Z. Zhang, F. Wang, L. Wang // *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*. – 2021. – V. 203. – Article 111728.
4. Wang, J. Antimicrobial hydroxyapatite reinforced-polyelectrolyte complex nanofibers with long-term controlled release activity for potential wound dressing application / J. Wang, N. Cai, V. Chan, H. Zeng, H. Shi, Y. Xue, F. Yu // *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. – 2021. – V. 624. – Article 126722.
5. Ураков, А. Л. Метод стопроцентного гемостаза / А. Л. Ураков // *Креативная хирургия и онкология*. – 2020. №4. – С. 270-274.
6. Пахлеваян, В. Г. Гемостаз в хирургии паренхиматозных органов брюшной полости. Обзор литературы / В. Г. Пахлеваян, С. А. Колесников // *Вестник хирургической гастроэнтерологии*. – 2015. - №1-2. – С. 50-56.
7. Nouri, S. Efficacy and Safety of Ferric Chloride in Controlling Hepatic Bleeding; An Animal Model Study / S. Nouri, M.R. Sharif // *Hepatitis Monthly*. – 2014. - №6.
8. Местные гемостатические средства и пути их усовершенствования / Е.В. Будко [и др.] // *Российский медико-биологический вестник имени академика И.П. Павлова*. - 2019. - №2. - С. 274-285.
9. Кобелевская, Н.В. Современные аспекты лекарственной гемостатической терапии / Н.В. Кобелевская // *Вестник последипломного медицинского образования*. – 2014. - №2. – С. 5-10.
10. Плотникова, Е. Ю. Актуальность антацидов и альгинатов в лечении заболеваний органов пищеварения / Е. Ю. Плотникова // *Лечащий врач*. – 2015. – №2. - С. 58-64.
11. Дворецкий, Л. И. Сульфат железа в лечении железодефицитной анемии: позиции сохраняются / Л. И. Дворецкий // *Терапевтический архив*. – 2017. - №10. – С. 108-112.
12. Бейли, Д.Х. Обеспечение гемостаза, и контроля за десневой жидкостью: обязательное требование в современной стоматологии / Д.Х. Бейли, Д.Е. Фишер // *Клиническая стоматология*. – 2004. – № 2. – С. 34–35.
13. Рыклин, Д.Б. Определение рациональных режимов электроформования с использованием прядильных головок различной конструкции / Д.Б. Рыклин, В.М. Азарченко, М.А. Демидова // *Химические волокна*. – 2019. - № 4. – с. 13 – 15.
14. Рыклин, Д.Б. Оценка влияния добавки глицерина в прядильный раствор на структуру электроформованных материалов / Д.Б. Рыклин, Н.Н. Ясинская, М.А. Демидова, В.М. Азарченко // *Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX)*. – 2020. – №1. – с. 88-93.
15. Особенности применения гемостатического препарата «Алюфер» при остановке кровотечения / П.В. Бордаков [и др.] // *Военная медицина*. – 2020. - №2. – С. 82-85.
16. Применение нового гемостатического средства на основе неорганических солей при кровотечениях из верхних отделов пищеварительного тракта / И. С. Жаворонок [и др.] // *Военная медицина*. – 2016. - №3. – С. 101-105.
17. Изучение кровоостанавливающего действия пены медицинской / В.А. Новицкая [и др.] // «Молодая фармация – потенциал будущего» : сборник материалов IX Всероссийской научной конференции студентов и аспирантов с международным участием. – СПб.: СПХФА, 2021. – С. 64-66.

## ПОЛУЧЕНИЕ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ДИОКСИДА ТИТАНА И ХЛОПКОВЫХ ТКАНЕЙ

### PREPARATION OF COMPOSITES BASED ON NANOCRYSTALLINE TITANIUM DIOXIDE AND COTTON FABRICS

Ю.С. Духова<sup>1</sup>, А.В. Евдокимова<sup>2</sup>  
J.S. Duhova<sup>1</sup>, A.V. Evdokimova<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>Институт химии растворов имени Г.А. Крестова Российской академии наук, г. Иваново

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

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

E-mail: juliaduhova200@mail.ru, anastasia.eudokimova@mail.ru

Была разработана методика получения волокон и текстильных материалов, модифицированных функциональными наночастицами диоксида титана, путем обработки ее в жидкофазных системах – золях, приводящей к закреплению наночастиц на поверхности волокон и тем самым приданию тканям новых, специальных свойств. Было проведено исследование бактерицидной активности образцов, которое показало, что обработка хлопковой ткани нанокристаллическим гидрозолем диоксида титана приводит к снижению выживаемости грамотрицательных бактерий, а также позволяет сохранить полученный бактериостатический эффект тканей.

**Ключевые слова:** композит; нанокристаллический диоксид титана; TiO<sub>2</sub>; наночастицы; волокна; текстильные материалы; хлопковые ткани; «умный текстиль»; бактерицидные и самоочищающиеся свойства.

A technique was developed for producing fibers and textile materials modified with functional nanoparticles of titanium dioxide by processing it in liquid-phase systems - sols, leading to the fixation of nanoparticles on the surface of the fibers and thereby giving the tissues new, special properties. A study of the bactericidal activity of the samples was conducted, which showed that the treatment of cotton fabric with nanocrystalline hydrosol of titanium dioxide leads to a decrease in the survival of gram-negative bacteria, and also allows you to preserve the resulting bacteriostatic effect of tissues.

**Keywords:** composite; nanocrystalline titanium dioxide; TiO<sub>2</sub>; nanoparticles; fibers; textile materials; cotton fabrics; "smart textile"; bactericidal and self-cleaning properties.

Антибиотическая резистентность представляет собой одну из самых глобальных медицинских и социально-экономических проблем большинства стран, независимо от уровня их экономического развития и благосостояния. В связи с этим перспективны разработки, связанные с созданием «умного текстиля» на основе диоксида титана, проявляющего одновременно бактерицидные и самоочищающиеся свойства [1]. Область применения таких материалов представляется достаточно широкой – от одежды медицинского персонала и постельного белья до перевязочных материалов.

Перспективным методом для получения волокон и текстильных материалов, модифицированных функциональными наночастицами, является золь-гель синтез. Данная методика представляет собой новый способ функционализации ткани путем обработки ее в жидкофазных системах – золях, приводящей к закреплению наночастиц на поверхности волокон и тем самым приданию тканям новых, специальных свойств [1].

Так, в данной работе, полученный наноразмерный диоксид титана (TiO<sub>2</sub>) низкотемпературным золь-гель синтезом в водной среде, используя тетраизопропоксид титана (IV) в качестве прекурсора, с диаметром частиц около 20 нм (рис.1.) был нанесен в виде прозрачной ультратонкой пленки на поверхность хлопковых волокон, что позволило придать материалу высокие фотокаталитические и антибактериальные свойства.

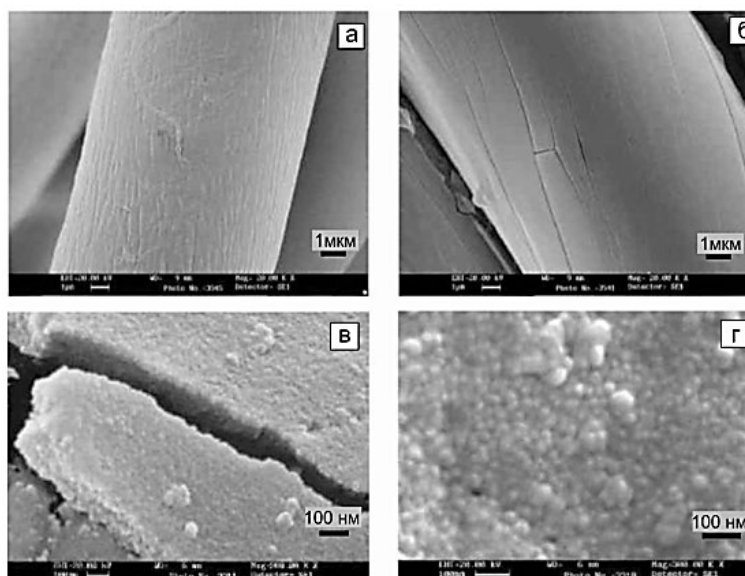


Рис.1. СЭМ снимки (а) чистых хлопковых волокон, (б)  $\text{TiO}_2$  –модифицированных хлопковых волокон, демонстрирующие морфологические изменения структуры поверхности, (в) скол образца  $\text{TiO}_2$  – модифицированных хлопковых волокон, демонстрирующие толщину покрытия, (г) увеличенное изображение  $\text{TiO}_2$  обработанных хлопковых волокон, раскрывающее наноструктурированность пленки и демонстрирующее размер частиц  $\text{TiO}_2$  [2]

В работе наночастицы диоксида титана были ковалентно связаны с хлопковой тканью посредством реакции этерификации гидроксильных групп на поверхности частиц  $\text{TiO}_2$  малеиновым ангидридом и последующей сополимеризацией 2- гидроксипропилакрилатом под действием  $\gamma$ -излучения.

С целью прочного связывания диоксида титана с волокнами хлопковой ткани, был использован сшивающий агент 1,2,3,4 – бутантетракарбоновая кислота. Предварительно подготовленную хлопковую ткань обрабатывали свежеприготовленным пропиточным раствором на ее основе. Применение сшивающего агента позволяет добиться более равномерного распределения диоксида титана и увеличить его содержание на поверхности волокон хлопковой ткани.

Фотокаталитические свойства полученных образцов были протестированы по скорости разложения Родамина Б под действием УФ – облучения на чистом и модифицированном  $\text{TiO}_2$  хлопковом волокне без стирки, а также после одного и пяти циклов стирки. Как показали проведенные исследования, модифицированная хлопковая ткань обладает высоким фотокатализируемым эффектом самоочищения в реакции разложения модельного красителя Родамина Б под воздействием УФ – облучения в течение 30 минут. При этом применение сшивающего агента позволяет сохранить данные свойства после 5 циклов стирки.

Исследование бактерицидной активности образцов против штаммов *S.aureus* и *E.coli* показало, что обработка нанокристаллическим гидрозолем диоксида титана с использованием сшивающего агента и без него, приводит к снижению выживаемости грамотрицательных бактерий более чем на 70 % после 5,5 часов контактирования с бактериальной культурой. А присутствие сшивающего агента позволяет сохранить полученный бактериостатический эффект тканей, модифицированных диоксидом титана, после 5 циклов стирки [3].

В данной работе успешно развиты подходы по получению композитов на основе нанокристаллического диоксида титана и хлопковой ткани. Как показали результаты проведенного исследования, полученная модифицированная хлопковая ткань обладает одновременно бактерицидными и самоочищающимися свойствами.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Агафонов А.В., Галкина О.Л. Растворные технологии - новый путь нанофункционализации текстиля // Российский химический журнал. – 2015. – Т.59(3). – С. 96-101.
2. Дауд В.А., Синь Д.Х. Низкотемпературное фотокаталитическое покрытие титана, обработанное золь-гелем // Журнал науки и технологии золь-гель. – 2009. – Т. 29(1). – С. 25-29.
3. Галкина О.Л., К. Эннеби, П. Хуанг, В.К. Иванов, А.В. Агафонов, Г.А. Сейсенбаева, В.Г. Кесслер. Антибактериальные и фотохимические свойства нанокompозитов целлюлозного нановолокна-титания, загруженных двумя различными типами антибиотиков // Журнал химии материалов В. –2015. – Т. 3. – С.7125-7134.

## ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМЫ МАШИННОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ БЕСКОНТАКТНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ УГЛА ПЛЕТЕНИЯ В ТЕКСТИЛЬНЫХ ПРЕФОРМАХ

### MACHINE VISION SOFTWARE SYSTEM FOR A NON-CONTACT BRAIDING ANGLE MEASUREMENT IN TEXTILE PREFORMS

С.В. Ершов<sup>1</sup>, Й. Закман<sup>2</sup>, Б. Вольбрехт<sup>2</sup>, Е.Н. Калинин<sup>1</sup>, Т. Грис<sup>2</sup>  
S.V. Ershov<sup>1</sup>, J. Sackmann<sup>2</sup>, B. Vollbrecht<sup>2</sup>, E.N. Kalinin<sup>1</sup>, T. Gries<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>Институт текстильных технологий

Рейнско-Вестфальского технического университета Ахена, Германия

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

<sup>2</sup>Institute of Textile Technology, RWTH Aachen University, Germany

E-mail: ershovsv.iv@yandex.ru, johannes.sackmann@ita.rwth-aachen.de,  
enkalini@gmail.com, thomas.gries@ita.rwth-aachen.de

В работе представлены результаты разработки программного обеспечения системы машинного зрения, предназначенной для бесконтактного определения угла плетения в текстильных преформах. Алгоритмы вычислительных процедур программного обеспечения реализованы с использованием метода анализа изображений и математического аппарата преобразования Фурье. Точность вычислений подтверждена результатами анализа изображений поверхности плетеных преформ с изменяющимся углом плетения.

**Ключевые слова:** плетеные преформы, угол плетения, машинное зрение, преобразование Фурье.

This work presents the development of a machine vision software system for a non-contact braiding angle measurement in textile preforms. The developed algorithms use the image processing technique and frequency domain image analysis based on Fourier transform. Experimental validation with braided preforms surface images with vary braiding angles has been done to confirm the accuracy of the designed computation procedures.

**Key words:** braided preforms, braiding angle, machine vision, Fourier transform.

Плетеные преформы широко используются в качестве наполнителя полимерных композиционных материалов (ПКМ), что позволяет создавать непрерывно армированные изделия из ПКМ сложной геометрической формы. Применяемые для производства изделий из ПКМ плетеные преформы, как правило, изготавливаются методом радиального плетения с использованием жесткой оправки. Для обеспечения требуемых механических свойств композита плетеные преформы изготавливают с заданным углом плетения, величина которого зависит от технологических параметров процесса их производства. Настройка скорости осевого перемещения оправки и скорости укладки нитей при определенном радиусе цилиндрической оправки позволяет получить заданный угол плетения, однако, для этого требуется точное измерение и контроль его величины в процессе формирования преформы.

В настоящее время измерение угла плетения в текстильных преформах выполняется вручную человеком с использованием стандартного измерительного инструмента, но такой подход, как известно, подвержен неизбежным ошибкам в диапазоне  $\pm 1-2^\circ$  и не применим непосредственно в процессе производства [1]. Именно поэтому развитие методов бесконтактного определения угла плетения в текстильных преформах имеет важное значение для совершенствования технологий промышленного производства изделий из ПКМ.

Целью настоящей работы являлась разработка программного обеспечения для определения угла плетения в текстильных преформах, которое в составе систем машинного

зрения позволит с высокой точностью контролировать величину угла плетения текстильных преформ непосредственно в процессе их производства.

Для достижения поставленной цели нами был использован метод анализа изображений, в основе которого лежит математический аппарат преобразования Фурье. Преобразование Фурье позволяет выполнить разложение цифрового изображения плетеной структуры по спектру, т.е. перевести изображение в область частот, и выделить в нем преобладающие значения интенсивности, характеризующие направление волокон в исходном изображении поверхности плетеной преформы. В полученном спектре низкочастотные компоненты характеризуют области, в которых яркость изображения практически не изменяется, а высокочастотные компоненты, наоборот, определяют ее интенсивное изменение, из чего при анализе изображений плетеных структур следует, что волокна будут преимущественно расположены в направлении, перпендикулярном направлению максимального значения интенсивности спектра (рис. 1).

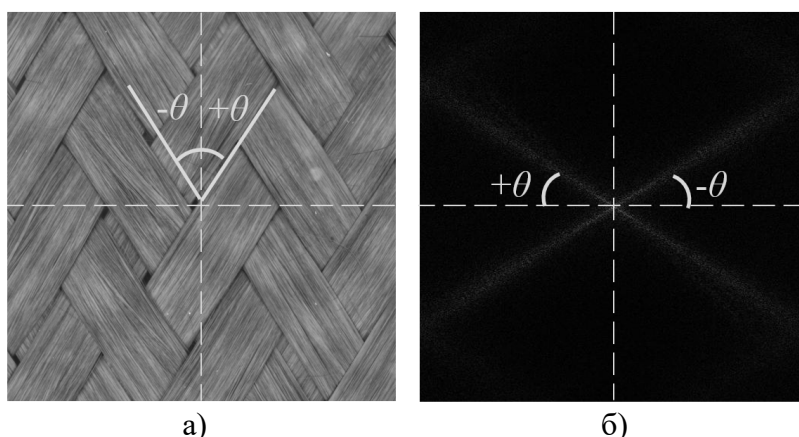
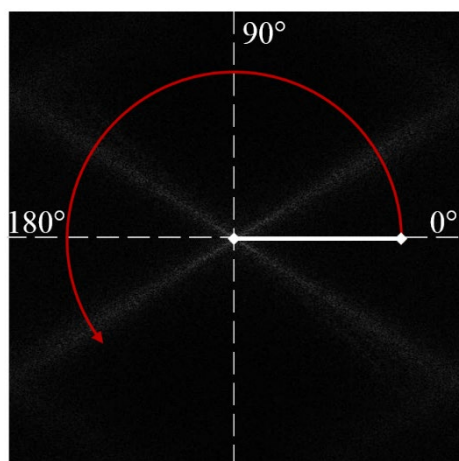


Рис. 1. Изображение плетеной структуры (а) и соответствующий ему частотный спектр (б)

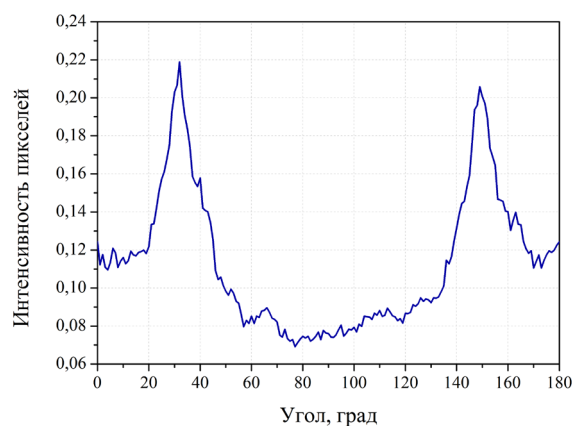
Реализация алгоритма вычисления преобразования Фурье в виде программного обеспечения для анализа изображений плетеных структур была выполнена в интегрированной среде разработки системы MATLAB. В разработанном алгоритме определение точного значения величины угла плетения из полученного частотного спектра было выполнено с использованием следующей процедуры (рис. 2). На цифровое изображение частотного спектра помещался вектор фиксированной длины, который вращался относительно центра изображения с шагом в  $1^\circ$ . Для каждого углового положения вектора в диапазоне от 0 до 180 градусов рассчитывалось суммарное значение интенсивности пикселей, количество которых ограничивалось постоянной длиной вектора. Полученные суммарные значения интенсивности пикселей представлялись графически в виде функции от угла поворота вектора, который характеризует направление волокон в плетеной структуре.

Из рис. 2(б) видно, что при анализе изображений плетеных структур график функции распределения интенсивности пикселей будет иметь два ярко выраженных пика. Угол, которому соответствует каждый пик интенсивности, определяет угол укладки нитей  $\mu$ , зная который можно определить угол плетения  $\theta$  текстильной преформы по следующей формуле [2]:

$$\theta = \frac{|\mu_1 + 90) - (\mu_2 - 90)|}{2}, \quad (1)$$



а)



б)

Рис. 2. Цифровое изображение частотного спектра (а) и соответствующий ему график распределения интенсивности пикселей (б)

На практике разработанное программное обеспечение системы машинного зрения для определения угла плетения в текстильных преформах было апробировано на двух образцах плетеных преформ с изменяющимся углом плетения, которые были изготовлены из углеродных нитей и стекловолокна. Образцы плетеных преформ были изготовлены в Институте текстильных технологий Рейнско-Вестфальского технического университета Ахена (RWTH Aachen University) на машине радиального плетения Herzog RF1/64–120 с использованием цилиндрической оправки диаметром 80 мм. Для получения цифровых изображений поверхности текстильных преформ была использована промышленная ССD-камера.

Анализ полученных изображений поверхности текстильных преформ выполнялся с использованием разработанного нами программного обеспечения. Для каждого изображения плетеной структуры в соответствии с описанным выше алгоритмом были определены средний угол укладки нитей основы  $\mu_1$  и нитей утка  $\mu_2$ , а также среднее значение угла плетения преформы  $\theta$ . Полученные значения указанных величин для отдельно взятых изображений поверхности текстильных преформ с разным углом плетения, которые показаны на рис. 3, приведены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты анализа изображений поверхности плетеных преформ

Образец плетеной структуры	Угол укладки нити, $\mu_1$ , град	Угол укладки нити, $\mu_2$ , град	Угол плетения, $\theta$ , град
Плетеная преформа из углеродных волокон			
Рис. 3(а)	33	30	31,5
Рис. 3(б)	50	41	45,5
Рис. 3(в)	62	60	61
Плетеная преформа из стекловолокна			
Рис. 3(г)	45	38	41,5
Рис. 3(д)	53	49	51
Рис. 3(е)	65	60	62,5

Дополнительно к численным значениям результатов измерения угла плетения в преформе разработанное программное обеспечение проецирует полученный результат измерения и на само изображение поверхности плетеной структуры при его сохранении на диск или выводе на экран, как показано на рис. 3. Такая функция позволяет визуально оценить текущее значение величины угла плетения в преформе и его изменение в режиме реального



времени при реализации разработанного программного обеспечения в составе системы машинного зрения для бесконтактного определения угла плетения в текстильных преформах.

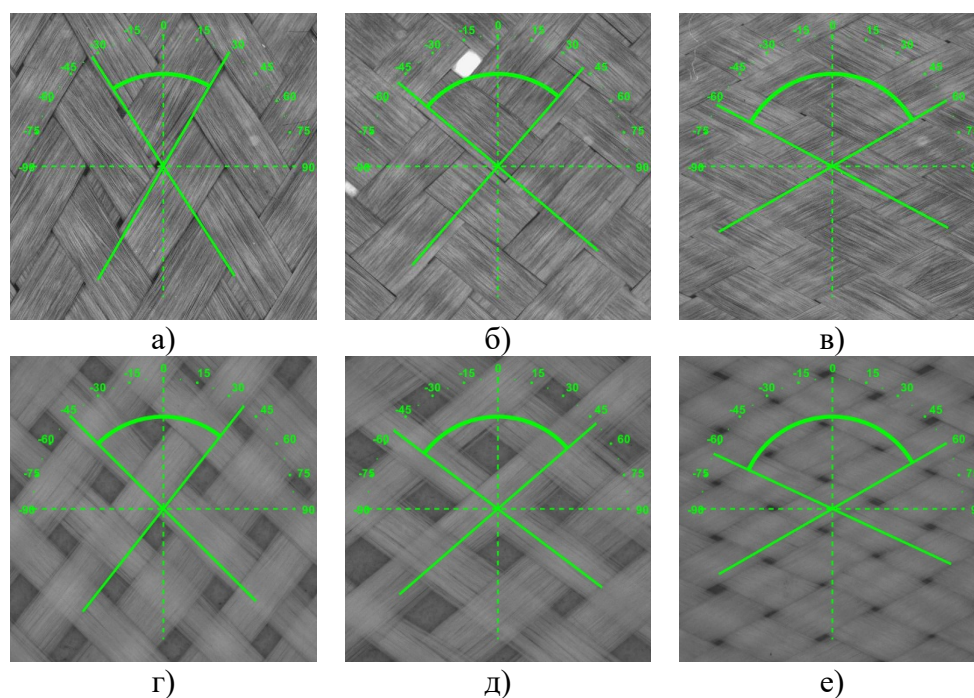


Рис. 3. Изображения поверхности текстильных преформ с изменяющимся углом плетения из углеродных волокон (а, б, в) и из стекловолокна (г, д, е)

Таким образом, результаты проведенного нами анализа изображений плетеных структур позволяют сделать вывод об эффективности использования разработанного нами программного обеспечения для определения угла плетения в текстильных преформах. Разработанное программное обеспечение может быть реализовано в составе систем машинного зрения [3], что позволит контролировать величину угла плетения текстильных преформ непосредственно в процессе их производства, а информация о величине угла плетения, полученная из анализа изображений, может быть использована для прогнозирования механических свойств плетеных преформ и изделий из ПКМ на их основе.

Работа выполнена при поддержке Гранта РФФИ по проекту 20-43-370007 р\_а\_Ивановская область: «Развитие научных основ прогнозирования функциональных и конструкционных параметров синтезируемых полимерных волокнистых композитных систем».

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Van Ravenhorst J. H., Akkerman R. Circular braiding take-up speed generation using inverse kinematics // *Composites Part A*. 2014. № 64. P. 147–158.
2. Zhenkai W., Jialu L. Braided angle measurement technique for three-dimensional braided composite material preform using mathematical morphology and image texture // *AUTEX Research Journal*. 2006. Vol. 6(1). P. 30-39.
3. Разработка системы компьютерного зрения для измерения направленности волокон в плетеных структурах / С. В. Ершов, В. Реймер, Е. Н. Калинин, Т. Грис. // *Изв. Вузов. Технология текстильной промышленности*. 2019. №5. С. 204 – 208.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАКЕТНОЙ ТКАНИ В ПРОЕКТИРОВАНИИ КОЛЛЕКЦИЙ ОДЕЖДЫ НА СТАДИИ ВЫБОРА ЦВЕТОВОГО РЕШЕНИЯ

### USING OF MOCK FABRIC FOR CLOTHING COLLECTION DESIGNING IN THE COLOUR-CHANGE PROCESSING

Р.Н. Зыков, С.С. Вишнева, Ф.Т. Шабанова, О.Н. Сонина  
R.N. Zыkov, S.S. Vishneva, F.T. Shabanova, O.N. Sonina

Ивановский колледж легкой промышленности  
Ivanovo College of Light Industry  
E-mail: zыkov29rodion16@gmail.com, enyachve14@mail.ru, sonina@iklp.ru

**Представлены результаты окрашивания прямыми красителями суровой хлопчатобумажной ткани, а также готовых швейных изделий. Представленная методика дает возможность использовать макетную ткань в цвет при проектировании коллекций одежды на стадии выбора цветового решения.**

**Ключевые слова:** макетная ткань, прямые красители, проектирование одежды.

**The results of unprocessed fabric and clothes dyeing with direct dyes are presented. The methodology presented provides using of colored mock fabric in the clothes designing on the stage of colour-change processing.**

**Keywords:** mock fabric, direct textile dyes, clothes design processing.

Цвет – один из основных факторов визуального восприятия одежды человеком. При разработке дизайнерами новой модели одежды одним из первых, наиболее значимых этапов её создания является именно выбор цветового решения, отражающего задуманную дизайнером стилистику коллекции. Это оправдано тем, что цвет – одно из активных средств модных инноваций. Мода вводит нормативно (как регулятор массового поведения людей, ориентирующихся на модные ценности, воплощаемые в модных стандартах и объектах) те или иные цвета и цветосочетания в разряд современных («мода» и «современность» — понятия взаимосвязанные), эстетически и престижно ценных в определенный период цикла функционирования моды [1]. Кроме того, цвет, как одно из самых активных средств композиции, в первую очередь влияет на эстетическое отношение к объекту до восприятия пространства, объема, пластики формы и ее деталей и остается в памяти дольше всех остальных признаков формы. Одна и та же модель одежды, выполненная в разных цветовых решениях, может произвести абсолютно разное впечатление.

При конструировании новых моделей одежды, особенно сложных по форме, часто пользуются методом наковки на манекене, который имеет большое практическое значение, облегчает визуализацию будущей модели, дает возможность увидеть изделие в объеме. Выкройка, построенная этим методом, хорошо передает форму изделия. Сложные в моделировании изделия разрабатываются быстрее, процесс интереснее, нагляднее, и, что особенно важно для будущих дизайнеров-конструкторов одежды, интуитивно понятнее, чем классического конструирование методом расчета и построения лекал. Для создания прототипа будущей модели одежды методом наковки в студенческих работах в нашем колледже используется суровая бязь производства ОАО Тейковский ХБК (г.Тейково, Ивановской обл.). Этот материал не теряет формы в работе, его легко резать, рвать, проводить декатирование, драпировать и закалывать на манекене, стоимость его вполне приемлема для таких целей.

Актуальность и практическая значимость представленной работы заключается в том, что метод окрашивания суровой хлопчатобумажной ткани прямыми красителями, опробованный нами и адаптированный к использованию в условиях нашей учебной лаборатории, позволит конструкторам-дизайнерам на стадии конструирования осуществить окончательный выбор цветового решения проектируемых моделей. Визуализация модели

одежды при наколке из макетной ткани выбранного дизайнером цвета на манекене даст возможность окончательного выбора цвета основной ткани до момента раскроя выбранной модели, позволит скорректировать цветовые и визуальные акценты в разрабатываемых изделиях.

Класс прямых красителей чаще всего применяют, для получения гладко-крашенных хлопчатобумажных тканей. К основным достоинствам данного класса красителей относятся: растворимость в водной среде, простота их использования и отсутствие необходимости введения большого количества текстильно-вспомогательных веществ, стабилизаторов, выравнивателей и т.п. Среди других преимуществ этих красителей можно выделить низкую стоимость; яркость цвета; отличную цветопередачу; возможность комбинирования с другими видами красителей.

Один из важных этапов колорирования ткани – это оценка колористических возможностей красителя, причем важно учитывать основные законы сочетания цветов. Чтобы оценить этот показатель для прямых красителей при окрашивании х/б ткани мы решили воспользоваться методом построения цветового треугольника [2]. Всё разнообразие выкрасок было получено нами из трех красителей основных цветов – желтого, синего и красного (рис.1).

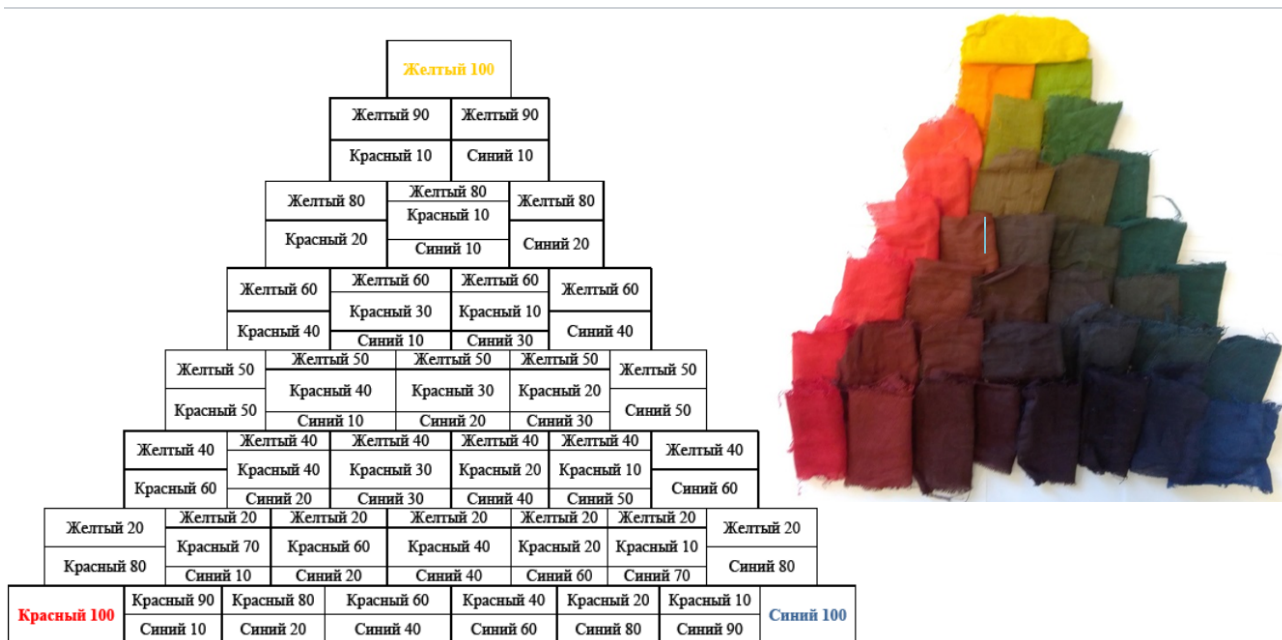


Рис 1. оценка колористических возможностей красителя методом построения цветового треугольника

Для получения сложных оттенков мы смешивали приготовленные растворы базовых красителей в различных соотношениях. Далее проводилось последовательное разбавление полученного рабочего раствора для получения образцов разной интенсивности окрашивания.

В результате проведенной работы нами были получены образцы окрашенной суровой ткани, из которых были сформированы 10 паттернов и отдельные палитры макетной ткани, выполненной в цвет (рис.2) - всего более 70 вариантов цветового решения. Также было выполнено окрашивание готовых изделий (рис.3).

Такой подход даст возможность окончательного выбора цветового решения конкретной модели, расстановки цветовых и визуальных акцентов, на стадии проектирования изделия, до момента покупки и раскроя основной ткани.



Рис 2. Составление палитры цветов макетной ткани, окрашенной прямыми красителями.



Рис 3. Образцы готовых швейных изделий. Материал – макетная ткань, окрашенная в цвет прямыми красителями.

Использование макетной ткани в цвет существенно повысит эффективность процесса конструирования новых коллекций обучающимися в рамках учебного процесса, при осуществлении дипломного проектирования, а также при подготовке к участию в конкурсах различного уровня.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Медведев В. Ю. Цветоведение и колористика: учеб. пособие (курс лекций). — СПб.: ИПЦ СПГУТД, 2005. — 116 с.
2. Химическая технология в искусстве текстиля: Учебник / Под ред. Сафонова В.В., Третьякова А.Е., Пыркова М.В. и др. - Москва : НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 351 с.

## ОСОБЕННОСТИ ПОДГОТОВКИ ТЕКСТИЛЬНОГО РИСУНКА К ПОЛУТОНОВОЙ ТРАФАРЕТНОЙ ПЕЧАТИ

### FEATURES OF THE PREPARATION OF A TEXTILE PATTERN FOR HALF-TONE SCREEN PRINTING

А.В. Кельцына  
A.V. Keltsyna

Московская государственная художественно-промышленная академия  
имени С.Г. Строганова  
Stroganov Moscow State Academy of Design and Applied Art  
E-mail: anastasiakeltsyna@gmail.com

Исследование направлено на выявление проблем, которые возникают в процессе оцифрованных рисунков, содержащих сложную графику и плашечные заливки методом шелкографии. Научная новизна исследования заключается в разработке методики растривания оцифрованных изображений. Собственные наблюдения и специальные исследования в этом плане показали, если рисунок содержит сложную графику, мелкие детали, полутона, то необходимо использовать более гладкую и плотную ткань, чтобы получить отпечаток высокого качества и пользоваться двумя видами трафаретных сеток.

Ключевые слова: трафаретной печати, текстильного рисунка, печать, растр, полутона, шелкография, текстиль, шаблон

The research is aimed at identifying problems that arise in the process of digitized drawings containing complex graphics and spot fills for screen printing. The scientific novelty of the research lies in the development of a method for rasterizing digitized images. Own observations and special studies in this regard have shown that if a drawing contains complex graphics, small details, halftones, then it is necessary to use a smoother and denser fabric in order to get a high quality print and use two types of screens.

Keywords: screen printing, textile design, printing, raster, halftone, silk screen printing, textile, pattern

На сегодняшний день в отделке текстиля применяются разные техники и технологии: роспись аэрографом, сублимационная печать, набойка, трафаретная печать: шелкография и ротационная печать при помощи гравированных цилиндров. Каждый вид печати имеет свою специфику таким образом оказывая воздействие на стиль оформления тканей, диктует использование определённых художественных приёмов, несёт ограничения на дизайн текстильного рисунка.

Промышленное производство требует более совершенных и эффективных печатных техник. К наиболее производительным относится трафаретная печать – вид печати на ткани, который осуществляется при помощи вращающихся сетчатых шаблонов (валов) или плоских рам с синтетической сеткой. В технике трафаретной печати на ткани одним из важных этапов является допечатная подготовка дизайна. Она имеет большое значение в получении качественного продукта, поскольку оказывает основное влияние на результат печати. Чтобы избежать брака в производстве, необходимо знать технологию печати, технические особенности оборудования, провести анализ рисунка с выявлением его характеристик, а также задать параметры, требуемые для его печати в данной технологии.

Данное исследование направлено на выявление специфических особенностей подготовки текстильного рисунка для полутоновой трафаретной печати, наряду с тем определение технологических условий и оснований, на которых базируются все основные этапы разработки текстильного рисунка.

Проектирование узора для ткани начинается с рисунка от руки. Дизайнер выполняет эскиз идеи на бумаге карандашом, красками и после чего на компьютере при помощи различных программ для рисования. Графические редакторы используются для создания



точных двумерных или трёхмерных иллюстраций, они позволяют создавать сложные узоры, подбирать цвета и визуализировать идеи, создавая подробно картину того, как они могут выглядеть. Дизайнер без труда вносит изменения или модификации, применяя эти инструменты в шаблон по мере выполнения работы. Неоспоримым достоинством такого метода является создание большого количества вариантов раппортных композиций на основе одного элемента или мотива. Можно получать многочисленные цветовые версии быстрее, нежели при помощи традиционного ручного способа, выкрашивая каждое изменение эскиза на бумаге. Сочетание различных техник рисования от руки и проектирование на компьютере расширяет классические традиционные методы создания текстильных рисунков, что также даёт возможность художнику быстро внедрять проекты в производство.

Но помимо несомненных преимуществ, заключающихся в скорости работы и количестве вариаций и разнообразий композиций, существуют сложности при переводе рисунка-оригинала в цифровой формат, которые можно наблюдать в виде недостатков, дефектов, возникающих на выходе, при печати текстильного рисунка на ткани: невысокая укрывистость, жесткая грубая запечатанная поверхность и отсутствие эластичности, потеря полутонов и мелких деталей рисунка или затёки краски. Качество отпечатка определяется многими факторами, среди которых тип сканируемого оригинала, технические возможности сканера, в том числе параметры вывода изображений в специфике печати, размере выводимого изображения, параметры печатного станка, частота растра, размер ячейки трафаретной сетки, линейная плотность и качество ткани, на которой печатается рисунок, ограничения на тоновый диапазон, а также ожидаемое увеличение размера растровой точки, согласование всех характеристик гарантирует высокое качество изображения.

Подготовка изображений для печати – синтез искусства и науки, сочетание ремесла и эстетического восприятия. Одним из важных критериев при переводе рисунка в цифровой формат является характер исходного изображения. После оцифровки ручного рисунка, его ретуши и цветокоррекции, изображение проходит процедуру цветоделения – преобразовывается в новую растровую, а структуру. Изображение предстаёт в виде матрицы полутоновых ячеек. Затем изготавливаются печатные формы, для воспроизведения полутонов, имеющие своё растровое строение **б**, характеризующееся изменением размера растровой точки и неизменным расстоянием между ними. Поверхность, на которую наносится рисунок, ткань в свою очередь имеет другую структуру **в**.

В процессе печати происходит наложение всех структур вместе, образуя новую структуру, которая может быть разрозненной, появляется муар. Под муаром понимается ситуация, когда появляется постороннее изображение в виде сетки, волнистых линий или геометрических узоров. Муар возникает чаще всего, когда в изображении содержатся регулярные растровые структуры или наличие имитации текстуры ткани, которые интерферируют с растровой структурой вывода.

Из этого теоретического заключения следует, что передача мелких деталей рисунка является оптимальной, когда структура растрованного изображения и структура трафаретной сетки и ткани будут совпадать. Таким образом первая задача – определить структуру и линиатуру ткани, после этого вычислить линиатуру растра для создания полутонового шаблона и исходя из этих сведений установить необходимое разрешение для создания качественного отпечатка.

Характеристики печатающего устройства, трафаретной сетки и линейная плотность используемой ткани ограничивают максимально пространственную частоту растра, то есть количество деталей и воспроизведение тонких элементов, которые можно реализовать на практике. Допустим, если задан растр 120 lpi, но трафаретная сетка рассчитана на 70 lpi, то печать с разницей в частоте приведёт к пониженному контрасту, потере в тенях и кажущемуся увеличению растровой точки.

Кроме того, следует заметить, что более высокая плотность растра не улучшает оригинал, если тот был низкого качества, он подчеркивает лишь недостатки, поэтому для

достижения передачи деталей графики необходимо, чтобы оригинал был высокого цифрового разрешения.

Пространственная частота растра и номер сетки также определяют тоновый диапазон печати – число промежуточных тонов, которые могут быть определены между сплошной заливкой цветом и белым цветом или же там, где цвет отсутствует. Существует формула, позволяющая определить максимальное число оттенков, полутонов –  $x$ :

$$x = \left(\frac{Dpi}{L}\right)^2 + 1$$

Из этого уравнения следует, увеличение линиатуры растра приводит к уменьшению числа воспроизводимых полутонов.

Таким образом, зная линейную плотность ткани, линиатуру растра шаблона, его разрешение, можно установить характеристики, которые позволяют печатать рисунки без дефектов и потерь деталей.

Исходя из размера ячейки текстиля определим линиатуру изображения:

$$\frac{1}{l} = 0,2 \text{ мм} = 0,02 \text{ см}$$

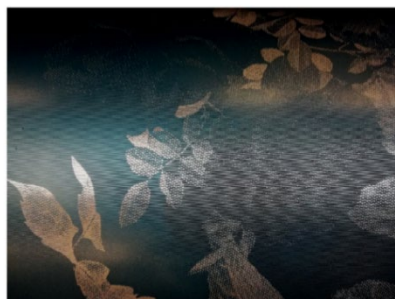
Дабы избежать появления муара, линиатура растрированного изображения должна быть следующей:

$$L = l = \frac{1}{0,02} = 50 \text{ lps} = 127 \text{ lpi}$$

Для достижения высоких качеств при печати разрешение файла должно быть в 2 раза выше, чем его линиатура:

$$R = 2 \times L = 254 \text{ dpi}$$

Изучение параметров печатного вала (рис.1) и создание пробных отпечатков на Хлопчатобумажном комбинате в городе Тейково Ивановской области позволило определить минимальные параметры, размеры линий, обводок, точек, которые необходимо соблюдать чтобы получить качественный результат печати (рис 2.).



Гравированный печатный вал  
 Максимальное разрешение - 2540 л/дюйм;  
 Максимальная линиатура растра - 60 л/см (152 лпн/дюйм);  
 Минимальная отдельная стоящая точка - 20 мкм;

Рис.1.

Количество реальных точек, которое может напечатать вал на единичном отрезке 1 дюйм:  $2540 \div 2,54 = 1000$  точек

Для того чтобы сохранить контуры, линий и штриховки в печати, их минимальный размер  $x$  должен быть не меньше величины  $\frac{1}{L}$ , где  $L$  – линиатура растра шаблона.

Линиатура растра печатного шаблона составляет  $152 \text{ lpi} = 60 \text{ л/см}$ . Таким образом:

$$x = \frac{1}{L} = \frac{1}{60} = 0,02 \text{ см} = 0,2 \text{ мм}$$

Из расчета следует, что минимальная точка в печати соответствует 0,2 мм.

#### Отработка графических приемов на материале

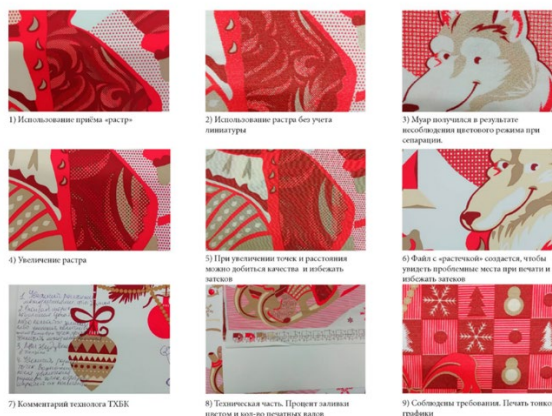


Рис.2.

В результате изучения оборудования и процесса печати были получены сведения, анализ которых позволил заключить, что для трафаретной печати необходимо проектировать рисунок исходя из физических параметров трафарета и ткани, и следующее, что для сложных рисунков, сочетающие плашечные заливки и тонкую линейную разработку для получения опечатка высокого качества, следует разделить изображение для печати на разных трафаретах. Плашечные заливки и крупные элементы печатать при помощи трафарета небольшого размера 30–40 нит/см, а тонкие элементы с более тонких сеток 100–120 нит/см.

Результаты проведенного анализа и изучения технологии трафаретной печати позволяют сделать выводы, представляющие интерес нашего исследования:

- выбор ткани и линиатура трафаретной формы создают условия для проектирования орнамента, а так же задет линиатуру рисунка для печати;
- если рисунок содержит сложную графику, мелкие детали, полутона, то необходимо использовать более гладкую и плотную ткань, чтобы получить отпечаток высокого качества и пользоваться двумя видами трафаретных сеток;
- при проектировании рисунка нужно учитывать, что чем сложнее ткань в своей структуре, например, вафельное полотно, рогожка, где крупная ячейка ткани, то следует избегать акварельных техник и тонких штриховок.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Беляева Н. В. Черно-белый опять в тренде, или белый принт на черной ткани – как это сделано? //Курьер. Легкая промышленность, Иваново, 04-05 2021, С.23 – 37.
2. Гуревич М. М., Цвет и его измерение, М. — Л., 1950.
3. Домасев М. В., Гнатюк С. П. Цвет, управление цветом, цветовые расчеты и измерения. СПб., 2009.
4. Лютов В. П. Цветоведение и основы колориметрии. М., 2018.
5. Руководство по полноцветной печати. Sericol.
6. Replication of Screen Printing via Ink-jet Textile Printing by Ming Wang. North Carolina, 2017.



## ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ СВОЙСТВ ТРИКОТАЖНЫХ ПОЛОТЕН ДЛЯ БЕЛЬЕВЫХ ИЗДЕЛИЙ

### RESEARCH OF CONSUMER PROPERTIES OF KNITTED FABRICS FOR LINGERIE

Е.С. Куклина, Е.Н. Власова  
E.S. Kuklina, E.N. Vlasova

Ивановский государственный политехнический университет  
Ivanovo state Polytechnic University  
E-mail: vlasovaen-ivanovo@mail.ru, kuklina.elena@inbox.ru

**Аннотация:** В данной работе определены значения пillingуемости, воздухопроницаемости и изменения линейных размеров после мокрых обработок трикотажного полотна для производства ночных сорочек. Установлены уровни потребительских свойств трикотажных бельевых изделий на основе оценки свойств трикотажных полотен.

**Ключевые слова:** трикотаж, воздухопроницаемость, пillingуемость, усадка, потребительские свойства изделий.

**Abstract:** In this work, the values of pilling, air permeability and changes in linear dimensions after wet processing of knitted fabric for the production of nightgowns are determined. The levels of consumer properties of knitted underwear are established on the basis of evaluating the properties of knitted fabrics.

**Key words:** knitwear, breathability, pilling, shrinkage, consumer properties of products.

Бельевые трикотажные изделия являются перспективной группой для отечественных производителей одежды. Потребительские свойства одежды первого слоя в значительной степени определяются составом и структурой материалов, фасоном и отделкой изделия. В данной работе проведено исследование трикотажных полотен, которые используются для производства ночных сорочек швейными предприятиями г. Иваново.

Объектом исследования выбраны 6 изделий бельевой группы, представленные в интернет-магазине Wildberries. На первом этапе была дана товароведная характеристика образцов, определены виды трикотажных переплетений и волокнистый состав (табл. 1).

Таблица 1

Товароведная характеристика трикотажных изделий

№ и наименование	Цвет, характеристика модели	Переплетение	Размер	Состав, %	Цена, руб.
1. Сорочка ночная «Альфия»	Черный цвет, А - силуэт, длина - выше колен, на тонких бретелях. Низ изделия декорирован эластичным кружевом. Сорочка выполнена из легкого трикотажного полотна приятного к телу.	Интерлок, производное поперечновязаное (кулирное) двойное – двуластик	48	92% вискоза, 8% эластан	285
2. Сорочка ночная «Маруся»	Цвет - розовый персик. Рукав - фасон крылышко, цельнокроенный.	главное поперечновязаное (кулирное) одинарное гладь	48	100 % хлопок	220

Продолжение таблицы 1

3. Сорочка ночная "Паулина"	Сочетание голубого цвета и полотна с рисунком. Отрезная модель, спереди - украшение лентами	главное поперечновязаное (кулирное) одинарное гладь	48	100 % хлопок	270
4. Сорочка ночная "Мелисса"	Приталенный силуэт, цвет бордо с розовыми вставками на лифе	Интерлок, производное поперечновязаное (кулирное) двойное – двуластик	48	92% вискоза, 8% эластан	355
5. Сорочка ночная "Ривьера"	Цвет - фиолетовый. Облегание свободное. Спущенный рукав, горловина круглой формы. Отделка - кружево и печатный рисунок	главное поперечновязаное (кулирное) одинарное гладь	48	100 % хлопок	275
6. Сорочка ночная "Вельможа"	Цвет белый, с печатным рисунком. Модель отрезная по линии груди, на планке, с длинным рукавом. Поверхностная плотность трикотажа - 180 г/м <sup>2</sup>	рисунчатое поперечновязаное (кулирное) одинарное футерованное на базе глади	48	100% хлопок	350

Потребительская ценность трикотажных изделий определяется рядом комплексных и единичных свойств, которые характеризуют товар и эффективность его применения. После анализа различных номенклатур потребительских свойств составлена для оценки качества трикотажных изделий развернутая номенклатура из 21 показателя. Однако дальнейшая оценка проводилась по показателям, характеризующим только свойства полотен.

После предварительного отбора для трикотажа были выбраны следующие показатели качества:  $x_1$  - воздухопроницаемость,  $x_2$  - пиллингуемость,  $x_3$  - изменение линейных размеров после мокрой обработки. Далее путем ранжирования оценивалась их весомость  $\gamma$  (значимость):  $\gamma_1 = 0,5$ ;  $\gamma_2 = 0,2$ ;  $\gamma_3 = 0,3$ .

На втором этапе определялись значения воздухопроницаемости, пиллингуемости, изменения линейных размеров после мокрых обработок трикотажного полотна, из которого изготовлены ночные сорочки.

Воздухопроницаемость трикотажа определялась по ГОСТ 12088-77 [1] с помощью прибора АТЛ-2. Пиллингуемость - свойство текстильного полотна образовывать на поверхности пилли, т.е. комочки из закатанных концов волокон. Пиллингуемость характеризуется максимальным количеством пиллей в расчете на одну элементарную пробу по ГОСТ Р 50025-92 [2]. В табл. 2 приведены результаты определения значений воздухопроницаемости ( $x_1$ ) и пиллингуемости ( $x_2$ ) ночных сорочек, а также их перевод в относительные показатели  $q_1$  и  $q_2$ . За базовое значение принято максимальное для воздухопроницаемости (позитивный показатель), минимальное - для пиллингуемости (негативный показатель).

Таблица 2

Результаты значений воздухопроницаемости и пиллингуемости бельевых трикотажных изделий

№ изделия	Воздухопроницаемость, $\text{дм}^3/\text{м}^2\text{с}$			Пиллингуемость, %		
	фактическое значение ( $x_1$ )	базовое значение ( $x_{б1}$ )	$q_1$	фактическое значение ( $x_2$ )	базовое значение ( $x_{б2}$ )	$q_2$
1	198	206	0,96	137	60	0,44
2	179	206	0,87	64	60	0,94
3	206	206	1,00	60	60	1,00
4	201	206	0,98	149	60	0,40
5	154	206	0,75	81	60	0,74
6	109	206	0,53	78	60	0,77

Установлено, что наименьшей пиллингуемостью обладают полотна образцов №2, 3 и 6, выполненные из хлопка 100%. Наименьшей воздухопроницаемостью отличается образец №6, т.к. он выполнен из футерованного трикотажа. Однако данная модель сорочки будет хорошо удерживать тепло, что ценится покупателями в зимний сезон. Можно сделать вывод, что все образцы по воздухопроницаемости соответствуют нормативным значениям ТР ТС 017/2011 [3].

Согласно ГОСТ 31423-2010 [4] определены изменения линейных размеров после мокрой обработки. Метод заключается в определении изменения расстояний между метками, нанесенными на трикотажные изделия, после стирки. Изменение размеров имеет отрицательное значение, если расстояние между метками уменьшается, и положительное - если расстояние увеличивается. Значения фактических замеров ( $x_3$ ) и относительного показателя  $q_3$  представлены в табл. 3.

Таблица 3

Изменение линейных размеров трикотажного полотна после мокрых обработок

№ изделия	Изменение линейных размеров после мокрой обработки						
	Вдоль петельных столбиков			Вдоль петельных рядов			$q_3$
	фактическое значение ( $x_{3с}$ ), %	базовое значение ( $x_{3бс}$ ), %	$q'$	фактическое значение ( $x_{3р}$ ), %	базовое значение ( $x_{3бр}$ ), %	$q''$	
1	4	1,5	0,38	0,5	0,5	1,00	0,69
2	6	1,5	0,25	1,8	0,5	0,28	0,27
3	8	1,5	0,19	5,0	0,5	0,10	0,15
4	3,5	1,5	0,43	2,0	0,5	0,25	0,34
5	5	1,5	0,30	1,5	0,5	0,33	0,32
6	1,5	1,5	1,00	1,2	0,5	0,42	0,71

На заключительном этапе были определены значения комплексного показателя потребительских свойств трикотажных полотен по методике [5]. Результаты общей оценки полотен представлены в табл. 4.

Таблица 4

## Определение показателей потребительских свойств трикотажных полотен

№ и наименование	q <sub>1</sub>	q <sub>2</sub>	q <sub>3</sub>	K <sub>пс</sub>	Уровень потребительских свойств
1. Сорочка ночная «Альфия»	0,96	0,44	0,69	0,78	высокий
2. Сорочка ночная «Маруся»	0,87	0,94	0,27	0,70	средний
3. Сорочка ночная «Паулина»	1,00	1,00	0,15	0,75	высокий
4. Сорочка ночная «Мелисса»	0,98	0,40	0,34	0,67	средний
5. Сорочка ночная «Ривьера»	0,75	0,74	0,32	0,62	средний
6. Сорочка ночная «Вельможа»	0,53	0,77	0,71	0,63	средний

Для оценки уровня потребительских свойств воспользуемся следующей шкалой:  
от 0,85 до 1,00 – очень высокий уровень потребительских свойств;  
от 0,71 до 0,84 – высокий уровень;  
от 0,51 до 0,70 – средний уровень;  
до 0,50 – низкий уровень.

Таким образом, в данной работе были установлены фактические значения показателей пиллингуемости, воздухопроницаемости трикотажных полотен и изменения линейных размеров трикотажного полотна. Проведено ранжирование свойств и рассчитан комплексный показатель потребительских свойств трикотажных полотен, использованных для пошива 6 образцов ночных сорочек. Установлено, что образцы №1 и 3 имеют высокий уровень потребительских свойств трикотажных полотен, а №2, 4, 5 и 6 - средний уровень.

## ЛИТЕРАТУРА

- ГОСТ 12088-77. Материалы текстильные и изделия из них. Метод определения воздухопроницаемости.
- ГОСТ Р 50025-92. Полотна и изделия трикотажные. Метод определения пиллингуемости.
- ТР ТС 017/2011. Технический регламент Таможенного союза "О безопасности продукции легкой промышленности" (с изменениями на 9 августа 2016 года).
- ГОСТ 31423-2010 Изделия трикотажные. Метод определения изменения линейных размеров после мокрой обработки.
- Власова Е.Н. Комплексная оценка потребительских свойств мебельных тканей / Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012. - №5. – С. 15-19.

## АКТУАЛЬНОСТЬ ИСТОРИЧЕСКОГО НАСЛЕДИЯ ИВАНОВСКОЙ ШКОЛЫ ТЕКСТИЛЬНОГО ДИЗАЙНА

### RELEVANCE OF THE HISTORICAL HERITAGE OF THE IVANOVO SCHOOL OF TEXTILE DESIGN

Д.Г. Левченко, А.Г. Левченко, О.В. Сурикова  
D.G. Levchenko, A.G. Levchenko, O.V. Surikova

Ивановский государственный политехнический университет  
Ivanovo state polytechnic university  
E-mail: dglevchenko@mail.ru, aglevchenko@mail.ru, ola\_surikova@mail.ru

Проведен анализ художественного наследия Ивановских текстильных рисунков и проанализированы направления моды в текстиле на сезон 22/23, в следствие чего выявлен явный интерес к историческим мотивам в текстиле. Потребители стремятся получать дополнительную ценность от смысла в одежде. Экологичность и осознанное потребление вновь возвращают моду на натуральные красители тканей и экономичный дизайн.

**Ключевые слова:** текстиль, ивановские ситцы, современные принты, тренды, коллекции современных дизайнеров, ивановские ситцы, традиционные рисунки, адаптация рисунков, мотивы.

The analysis of the artistic heritage of the Ivanovo textile patterns is carried out and the trends of fashion in textiles for the season 22/23 are analyzed, as a result of which a clear interest in historical motives in textiles is revealed. Consumers are looking for added value from the meaning of the garment. Sustainability and conscious consumption are bringing back the fashion for natural fabric dyes and economical design.

**Key words:** textiles, Ivanovo chintz, modern prints, trends, collections of modern designers, traditional patterns, pattern adaptation, motives.

Осознанное потребление уже давно занимает лидирующие позиции в главных трендах и набирает значимость с каждым годом. Появился даже новый термин Sustainability - обозначающий замедление темпов потребления и ответственное отношение к природным ресурсам. Не удивительно, что идеи осознанного потребления, вторичной переработки материалов возродили интерес к ретро мотивам в текстиле. Люди хотят иметь в своем гардеробе не просто вещь, а вещь с историей, с определенным культурным кодом, быть причастным к традициям, сохранять их и проносить через время.

Многие компании дают «вторую жизнь» ретро коллекциям и принтам тканей. Так, например ведущая текстильная компания Италии, занимающаяся выпуском шелковых тканей Mantero Seta[1], в 2020 году сделала перевыпуск архивных текстильных рисунков для современной коллекции.

Сейчас в коллекциях и принтах многих дизайнеров наблюдается влияние ретро мотивов тканей. Все чаще они используют рисунки прошлых столетий, адаптировав их в более современные (рис. 1).



а)



б)

Рис. 1. Модели из коллекции брендов: а- m\_u\_r; б - fu:r

Изучая историческое наследие Ивановской школы текстильных рисовальщиков многократно убеждаешься в богатейшем наследии нашего края. В ивановских ситцах с наибольшей полнотой сохранились народные традиции в украшении тканей, равновесие в композиции, любовь к цвету. В старинных ивановских ситцах открывается значительный пласт народного творчества в ещё малоизученной области декоративно-прикладного искусства – художественном оформлении тканей.

Ивановские ситцы как самые дешёвые и доступные широким народным массам оказали большое влияние на народный быт. Внимательные наблюдатели уже в середине 19 века отмечали, что ивановские ситцы совершили целый переворот в народном быту [2]. С распространением ситца исчезали домотканые изделия, сарафаны превращались в платья, целые слои сельского населения становились по своему костюму ближе к городскому [3]. Широкое проникновение в народный быт ивановских ситцев современники объясняли не только дешёвизной этих тканей, но и близостью ситцевого рисунка народному вкусу. В узорах ситцев нашло художественное дарование талантливых народных мастеров нескольких поколений.

Мотивы в Ивановских ситцах можно подразделить на три блока:

- орнаменты на основе исконно Русских мотивов;
- орнаменты, созданные под влиянием востока
- орнаменты, навеянные лучшими европейскими образцами тканей и орнаментов.

К народным мотивам в текстильном дизайне можно отнести наиболее древний слой орнаментов геометрического характера: горох, ромбы, круги, квадраты, которые komponуются в узорах по традиционным приемам равновесия в линейные и диагональные композиции. Не редко мастера в качестве источника для текстильного мотива использовали лубки, изображения с деревянных резных изделий: прялок, наличников, пряничных досок и т.д. На

старинных тканях этими элементами орнамента разрабатывали главным образом фон или отдельные части узора. Орнаментами из мелких ромбиков, расположенных в шашечном порядке полос, разделанных квадратами, трилистников, мелких цветков украшают «выбойки», которые шли на мужские и женские крестьянские рубашки. Орнаменты из геометрических фигур были наиболее устойчивыми и просуществовали в разных вариантах на ситцах в течение всего 19 начала 20 века.

Современная стилистика текстильного рисунка не редко обращается к традиционным русским орнаментам. Ткани с элементами фольклорных стилей можно регулярно встретить на мировых подиумах рис. 1,б, 2.



Рис. 2. Мотивы с элементами фольклорного орнамента в моделях брендов @bode и @akindofguise

Не чужды ивановским мастерам и мотивы в узорах ситцев, навеянные восточной экзотикой. Узоры дорогих восточным тканей, шалей и ковров перерабатывались русскими мастерами в свойственной им манере. Сильно «обрусевший» восточный орнамент стал визитной карточкой бренда «ивановские ситцы». Наиболее прочно вошел в орнамент ивановских набоек миндалевидная фигуры "боба", который известен под названием «огурец». В 2022 году этот узор в принтах вновь активно штурмует модные подиумы, возвращая себе былую популярность (рис. 1). Цветовая гамма таких принтов сохраняется по аналогии с традиционными рисунками. Они приглушенная, гармоничная, теплая (рис.3).

Другое направление в художественном оформлении ивановских ситцев обнаруживает стилевую общность с орнаментальными формами и композициями западноевропейского искусства. Эти орнаменты и композиции на ситцы перешли с шелковых тканей, которые делались «в европейском вкусе». Узор тканей делали с изображением крупных фантастических плодов, листьев, с «травяным» орнаментом. В разные периоды узоры Ивановских ситцев представляют в переработанном виде элементы стилей «Барокко», «Рококо», «Ампир», «Классицизм». Характерным орнаментом ивановских ситцев является «мильфрер» (от фр. mille fleur –тысяча цветов) - белоземельные ситцы с мелко растительным узором, букетиками цветов.





а)

б)

Рис. 3. Восточные мотивы: а- в Ивановских тканях (скатерть мануфактуры «Е.А. Грачева», конец 18 - начало 19в [6]; б – в модель из коллекции knwls s/s 22

Ивановская рисовальная школа особенно славилась травчатыми, цветочными мотивами. Розы, пионы, гвоздики, ромашки, лилии –ивановские мастера переплавляли в стилизованные, часто упрощенные формы. Нельзя сказать, что живописная манера Ивановских мастеров была скудной и примитивной. Обобщая растительные формы и стилизуя их в соответствии со вкусом потребителей и технологических возможностей мануфактур, Ивановские рисовальщики создали узнаваемые «фирменные» изображения цветочных орнаментов, которыми славились Ивановские ситцы в 18-20вв. Но конечно особенной любовью у Ивановских художников пользовались розы. В русских набойках мотив розы приобрел декоративность, свойственную восточным орнаментам и русской росписи [4].

На сезон весна-лето 23 года актуальными являются жизнерадостные и немного наивные цветочные принты, созвучные с традиционными Ивановскими мотивами (рис.3). Причем современный дизайн благожелательно воспринимает рисунки как в натуральных, природных цветах, так и в ярких оттенках.

Натуральные цвета в дизайне текстиля, такие как, индиго, кубовый, киндяк (золотисто-желтый), осиновый – явно долгоиграющий тренд в текстиле. Исторически такие цвета ткани получали из натуральных красителей –отваром лука, трав, коры и др. Особенность этих красок была в неповторимой мягкости тонов, которые даже в контрастирующем сочетании производили эффект гармоничной расцветки (рис.4 а,б,в) Современные производители текстиля вновь «вспоминают» забытые рецепты окраски тканей натуральными красителями. Ремесленное изготовление ткани, натуральность, естественность, экологичность – это долгоиграющие тренды как в текстиле, так и в моде в целом.





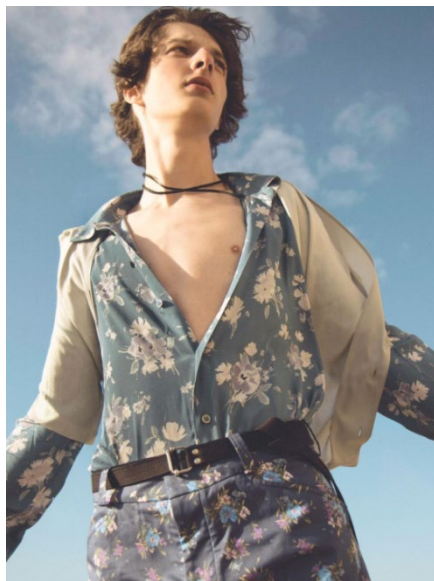
а)



б)



в)



г)

Рис. 4. Цветочный принт в Ивановских ситцах (а,б,в [6]) и в современном текстиле (г [5])

Затрагивая темы долговечности, универсальности и несезонного дизайна, бренды обращаются к мелким деликатным принтам, неподвластным времени, чтобы подчеркнуть простые силуэты одежды (рис. 4,г) [5]

Нельзя не отметить влияние агитационного текстиля на решение текстильного рисунка модных брендов. Такое направление прослеживается уже не первый сезон, но в каждой своей коллекции дизайнерам удается воспроизвести рисунок по-новому. Яркость, символизм, простые и лаконичные решения, свойственные агитационному текстилю, созвучны современным веяниям моды, когда людям после пандемии, длительного сидения дома, монотонности течения жизни, и периода приглушенных и пастельных оттенков хочется насыщенных, ярких, позитивных цветов (рис. 5).

Проведя анализ художественного наследия Ивановских текстильных рисунков и проанализировав направления моды в текстиле на сезон 22/23, выявлен явный интерес к историческим мотивам в текстиле. Почему? Потребители жаждут снова получать удовольствие от того, чтобы наряжаться, получать дополнительную ценность от смысла в одежде. Экологичность и осознанное потребление вновь возвращают моду на натуральные красители тканей и экономичный дизайн.



а)



б)

Рис. 5. а- модель из коллекции Duro Olowu [5] б – ситец декоративный «Лампы». автор С. Е. Струсевиц, Сосневская объединенная мануфактура, 1930гг [6]

В моде, как аутентичные мотивы, так и переработанные, стилизованные под современные реалии и технологии изготовления рисунки для тканей.

Богатейшее культурное наследие Ивановской школы рисовальщиков, бережно сохраненное в регионе, дает огромные возможности для современных дизайнеров для создания интересных, художественно значимых текстильных рисунков. Грамотное использование и переработка исторического наследия Ивановской школы текстильного рисунка создает возможности для дизайнеров и для региона в целом, внести вклад в развитие fashion индустрии в России.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. <https://www.mantero.com/it/>
2. Ивановские ситцы: Альбом/Авт.-сост.Е.В. Афанасьева. –Л.:Художник РСФСР,1983. -216с.
3. Мизонова, Н.Г. Особенности народного текстиля и костюма на территории Ивановской области// Известия вузов. Технология текстильной промышленности. -2016. №1. С. 119-123.
4. Соловьев В.Л., Болдырева М.Д. Ивановские ситцы. – М.: Легпромбытиздат, 1987.
5. <https://www.wgsn.com/fashion>
6. <http://textilemuseum.ru/ru/>

**РАЦИОНАЛЬНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ УМЯГЧАЮЩЕЙ ОТДЕЛКИ  
ЛЬНОСОДЕРЖАЩИХ МАХРОВЫХ ИЗДЕЛИЙ**

**RATIONAL TECHNOLOGY OF SOFTENING OF FLAX CONTAINING TERRY  
PRODUCTS**

К.А. Ленъко, Н.Н. Ясинская, Н.В. Скобова, Д.Л. Лисовский  
K.A. Lenko, N.N. Yasinskaya, N.V. Scobova, D.L. Lisovsky

Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь  
Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus  
E-mail: kotya240497@mail.ru, yasinskayaNN@rambler.ru,  
scobova-nv@mail.ru, lisouskid@gmail.com

**Проведен выбор рациональной технологии заключительной отделки махровых льносодержащих изделий с использованием силиконовых смягчителей и ферментсодержащих композиций на их основе, которые удовлетворяли бы требованиям потребителей, а также рекомендация для ее внедрения на ОАО «Речицкий текстиль».**

**Ключевые слова:** биотехнология; фермент; текстильно-вспомогательные вещества; драпируемость; туше; объемность; перманентность эффекта смягчения.

**The purpose of the work is to select a rational technology for the final finishing of terry linen-containing products using silicone softeners and enzyme-containing compositions based on them, which would satisfy the requirements of consumers, and also to recommend for implementation the technology at "Rechitsa Textile", JSC.**

**Key words:** biotechnology; enzyme; textile auxiliaries; drape; touch; volumetric; permanent softening effect.

Современный человек ежедневно использует махровые текстильные изделия: полотенца, халаты, простыни и др. Ассортимент махровых полотенец разнообразен по составу, размеру, назначению, отделке и другим показателям. Основной их функцией является способность поглощать влагу и оставлять тело человека сухим. В связи с этим при выборе махровых изделий важно учитывать основные функциональные характеристики: показатели сорбционных свойств, жесткость, плотность и др. [1].

Требования к качеству и безопасности махровых полотенец нормируются ГОСТ 11027-2014 [2] по следующим показателям: линейные размеры, требования к изготовлению, разрывная нагрузка, прочность закрепления петель, белизна, капиллярность, водопоглощение, устойчивость окраски, содержание свободного формальдегида. Показатели биологической и химической безопасности: капиллярность, водопоглощение, устойчивость окраски, содержание свободного формальдегида также нормируются в ТР ТС 017/2011 [3]. Однако, современные взгляды на мир и его устройство очень быстро меняются, соответственно меняются взгляды и потребности людей. Люди стали предъявлять высокие требования к качеству материала, его внешнему виду, тактильным ощущениям, которые не регламентируются стандартами и нормативами [3].

В настоящее время в Республике Беларусь существует ряд предприятий по производству хлопчатобумажных и льносодержащих махровых изделий домашнего обихода, которые отличаются широким ассортиментным спектром, яркой цветовой гаммой, устойчивой к многократной стирке. При выборе данного товара потребитель в первую очередь отдает предпочтение органолептическим и тактильным характеристикам продукции. По данному критерию отечественная продукция проигрывает товарам импортного производства из-за недостаточной мягкости и объемности. Наиболее явно этот недостаток проявляется при



введении в состав пряжи льняного волокна – повышается жесткость изделий. Это объясняется природными свойствами льна: по химическому составу он содержит 5% лигнина.

Лидером белорусского рынка производителей махровых изделий является ООО «Речицкий текстиль». Одной из причин жесткости продукции данного производителя является отсутствие заключительной отделки махровых полотен и готовых изделий из них: на предприятии махровые полотна производятся из готовой пряжи.

Существуют классические методы умягчения тканей, которые создают эффект за счет применения различных типов аппретов-мягчителей. Существенным их недостатком является недолговечность достигаемого результата и его неустойчивость к бытовым обработкам: в процессе стирки силиконовый аппрет вымывается из волокна и эффект, достигаемый при отделке, заметно снижается при последующей эксплуатации изделий.

Альтернативой традиционной технологии химической отделки целлюлозных текстильных материалов является биотехнология с использованием ферментных препаратов. Оптимальными условиями работы ферментов являются невысокая температура и нейтральная среда, что ведет к снижению потребления энергии, устраняет необходимость поддерживать жесткие условия обработки. Кроме того, применение ферментов при производстве целлюлозосодержащих текстильных материалов и изделий способно обеспечить придание последним комплекс новых технологических, потребительских и эксплуатационных свойств. Применение биотехнологии в процессах отделки целлюлозных текстильных материалов является экономически и экологически целесообразным, поскольку ферменты селективно реагируют с субстратом и сводят к минимуму образование побочных продуктов, безопасно инактивируются, не оказывая вредного воздействия на человека и окружающую среду. В настоящее время известны способы умягчения текстильных материалов из целлюлозных волокон с использованием ферментных препаратов целлюлолитического и пектолитического действия, способных придать материалу комплекс новых технологических, потребительских и эксплуатационных свойств, сохраняя перманентность достигнутого эффекта на более длительное время [5].

В большинстве случаев отечественные текстильные предприятия в технологиях заключительной умягчающей отделки используют импортные препараты, что ведет к удорожанию производственного процесса, а соответственно, готовой продукции. Весьма актуальным для экономики Республики Беларусь является вопрос импортозамещения, поэтому при разработке биотехнологии применялись белорусские препараты фирмы ООО «Фермент», которая сравнительно недавно вышла на рынок, но уже является ведущим белорусским производителем высокоэффективных ферментных препаратов и препаратов текстильной химии.

По заданию ОАО «Речицкий текстиль» проведена работа по выбору препаратов для биохимической обработки льносодержащих махровых полотен. Цель работы – выбор рациональной технологии заключительной отделки махровых льносодержащих изделий с использованием силиконовых мягчителей и ферментсодержащих композиций на их основе, которые удовлетворяли бы требованиям потребителей, а также рекомендация для ее внедрения на ОАО «Речицкий текстиль».

Научная новизна работы состоит в разработке научно-обоснованных рекомендаций определения рациональной схемы и технологических параметров биотехнологического способа обработки льносодержащих махровых изделий препаратами отечественного производства, а также получении зависимости физико-механических и эксплуатационных свойств от технологических режимов биообработки и составов полиферментных композиций, позволяющих обеспечить высокие показатели качества готовых махровых изделий.

Практическая значимость заключается в разработке инновационной энерго-, ресурсосберегающей технологии отделки целлюлозных текстильных материалов; выпуске опытных и промышленных партий готовой продукции. Технологию биоумягчения планируется запатентовать и внедрить к промышленному использованию на предприятиях текстильной промышленности Республики Беларусь.

Объектом исследования является махровое полотно производства ОАО «Речицкий текстиль» арт.6с103.513 (лен – 25%, хлопок – 75%). Для обработки изделий использовались препараты ООО «Фермент», представленные в таблице 1. Выбор гидрофильной микросиликоновой эмульсии обусловлен результатами предварительных исследований [6].

Изучался периодический способ обработки материала по традиционной технологии (отработанной ранее для ферментной обработки материала) и по новым схемам (схема 1, схема 2), последовательность этапов обработки представлена в таблице 2.

Таблица 1

Характеристика применяемых препаратов

Название препарата	Характеристика
RG-NR520	Смачиватель
RG-G9609/600	Гидрофильная микросиликоновая эмульсия
Энзитекс ЦКП	Нейтральная целлюлаза (КМЦ), активность 10000 ед/г, оптимальные условия действия pH от 5,5 до 6,5, рабочая температура 40 – 60°C.
RG-G9609/600+Ц 300 ед/г	Гидрофильная микросиликоновая эмульсия с ферментным препаратом «Целлюлаза» активностью 300 ед/г
Allfalin	Силиконовый мягчитель

Таблица 2

Схема обработки льняных махровых полотен

Традиционная биообработка	Схема 1	Схема 2
Смачивание в RG-NR520 (с=3 г/л; t=30°C; τ=10 мин)		
Энзимная стирка с Энзитекс ЦКП (с=3 %; t=40°C; τ=40 мин; pH=5)	Стирка с Энзитекс ЦКП (с=3 %; t=40°C; τ=40 мин; pH=5)	Стирка композицией RG-G9609/Ц300 (с=20 г/л; t=40°C; τ=40 мин; pH=5)
Промывка	Промывка	Отжим
Деактивация фермента (t=90°C; τ=5 мин)	Деактивация фермента (t=90°C; τ=5 мин)	Сушка (t=20°C)
Аппретирование Allfalin (с=20 г/л; t=40-50°C; τ=20 мин; pH=5)	Аппретирование RG-G9609 (с=20 г/л; t=40-50°C; τ=20 мин; pH=5)	Механическое трение
Отжим	Отжим	
Сушка (t=20°C)	Сушка (t=20°C)	
Механическое трение	Механическое трение	

Важнейшими качественными показателями махровых полотен являются мягкий наполненный гриф и гидрофильность, поэтому для изучения выбраны следующие качественные характеристики:

- для оценки грифа полотен – общая пористость, драпируемость дисковым методом;
- для оценки гигиенических свойств – воздухопроницаемость (согласно ГОСТ 12088-77), водопоглощение за 1 мин (согласно ГОСТ 3816-81).

Результаты измерения качественных характеристик льносодержащих махровых изделий после биообработки исследуемыми препаратами представлены на рис. 1. За

контрольный образец принимается махровое полотно производства ОАО «Речицкий текстиль» без умягчающей отделки.

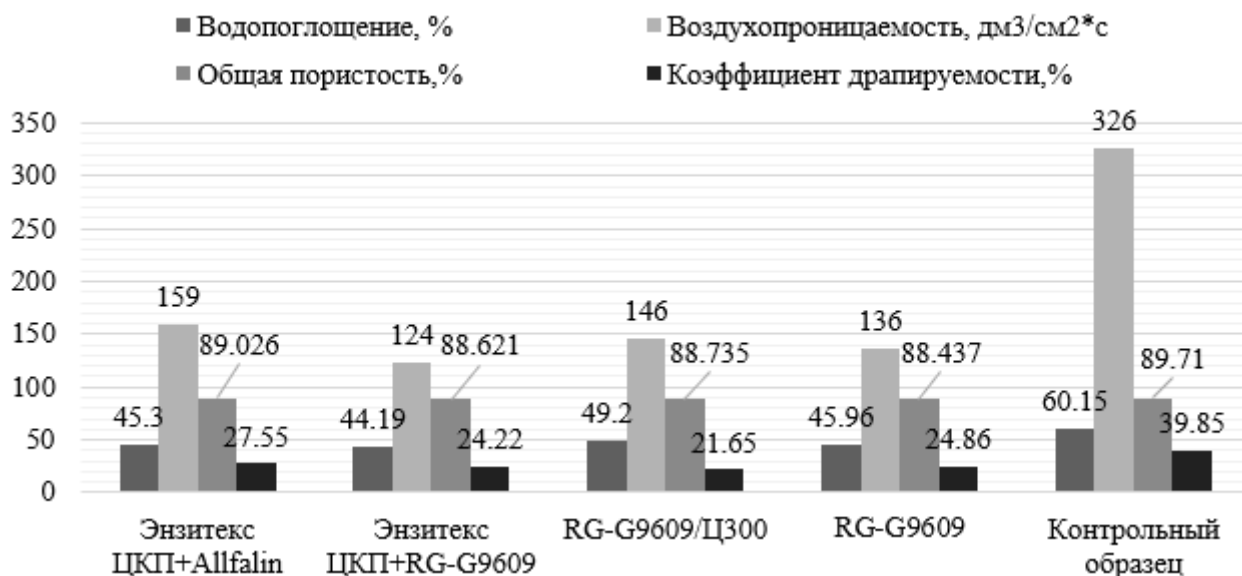


Рис. 1. Оценка водопоглощения, общей пористости, воздухопроницаемости, коэффициента драпируемости образцов

Общая пористость махрового полотна  $R_{\text{общ}}$  (%) показывает, какую часть объема ткани составляет суммарный объем всех пор между нитями. Толщина обработанных полотен увеличивается, а общая пористость и, соответственно, воздухопроницаемость снижается, что связано с усадкой материала в процессе биохимической обработки.

Для оценки драпируемости следует учитывать, чем меньше коэффициент драпируемости, тем мягче гриф материала. Результаты исследования драпируемости подтверждают визуальную и тактильную оценку экспертов. Образец, обработанный композицией RG-G9609/Ц300 имеет наименьший коэффициент драпируемости. Результаты исследования водопоглощения также подтвердили сделанные ранее выводы: наилучшие гидрофильные свойства после обработки приобретают образцы, обработанные препаратом RG-G9609/Ц300.

Качественные характеристики полученных материалов первоначально оценивались по визуальному восприятию готовых изделий и по тактильным параметрам образца. На основании экспертной оценки группой респондентов, состоящей из специалистов предприятия ОАО «Речицкий текстиль» и сотрудников специализированных кафедр УО «Витебский государственный технологический университет», в качестве лучшего образца выбрано полотно, обработанное по схеме 1. Обоснованность выбора подтверждается фотографиями поверхности махровых полотен, демонстрирующими изменение текстуры, повышение объемности и извитости ворсовых нитей изделия после обработки (рис. 2)

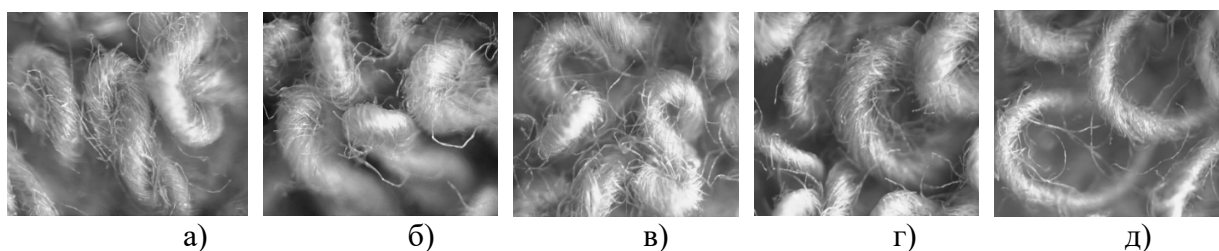


Рис. 2. Микрофотографии ворсовых нитей махровых полотен: а) Энзитекс ЦКП+Allfalin; б) Энзитекс ЦКП+RG-G9609; в) RG-G9609/300 (схема 1); г) RG-G9609 (схема 2); д) Контрольный образец

С целью исследования перманентности эффекта умягчения льносодержащих махровых изделий проведены испытания по определению свойств умягченных материалов после 10 бытовых стирок. 10 циклов стирок проводилась в бытовой стиральной машине согласно режимам ГОСТа 30157.1-95 (Полотна текстильные. Методы определения изменения размеров после мокрых обработок или химической чистки) при  $t=60^{\circ}\text{C}$ . В качестве СМС применяли жидкое детское мыло концентрацией 1 г/л.

Для исследования перманентности эффекта умягчения испытаны следующие показатели: воздухопроницаемость ( $\text{дм}^3/\text{см}^2*\text{с}$ ), коэффициент драпируемости (%), водопоглощение (%), общая пористость (%), диаграммы зависимости которых представлены на рис. 3-4. За контрольный образец принимается полотно производства ОАО «Речицкий текстиль» без обработки.

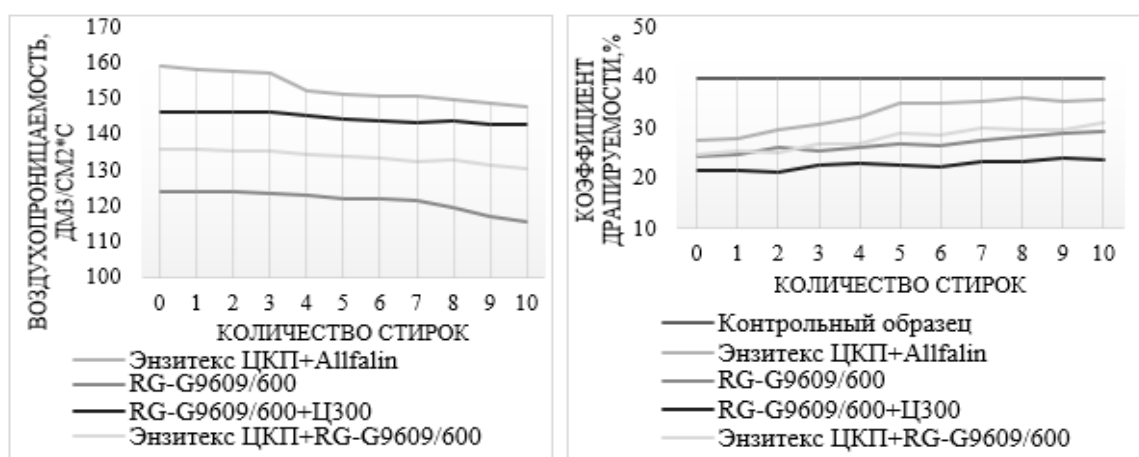


Рис. 3. Диаграмма зависимости воздухопроницаемости и драпируемости образцов от количества стирок

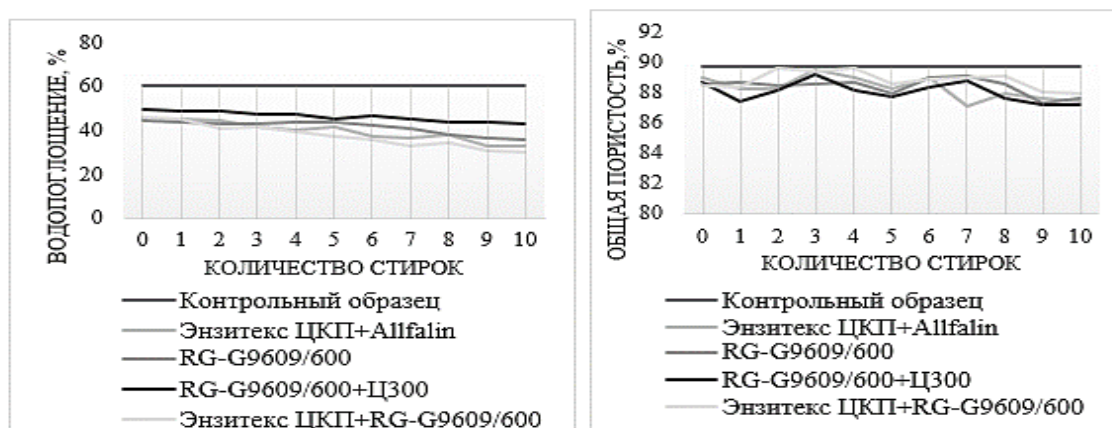


Рис. 4. Диаграмма зависимости водопоглощения и общей пористости образцов от количества стирок

Согласно результатам исследования, после цикла 10 стирок спад значений в среднем происходит по всем показателям. Однако обработка ферментсодержащей композицией RG-G9609/300 (схема 1) в большей степени позволяет сохранить воздухопроницаемость, драпируемость и гидрофильность изделия после проведения 10 циклов стирок.

В результате исследования процесса биохимической обработки льносодержащих махровых полотен с использованием индивидуальных силиконовых смягчителей и ферментсодержащих композиций производства ООО «Фермент» установлена и рекомендована для практического применения схема биохимической обработки текстильных

материалов периодическим способом с целью придания улучшенных потребительских свойств, представленная на рис. 5.

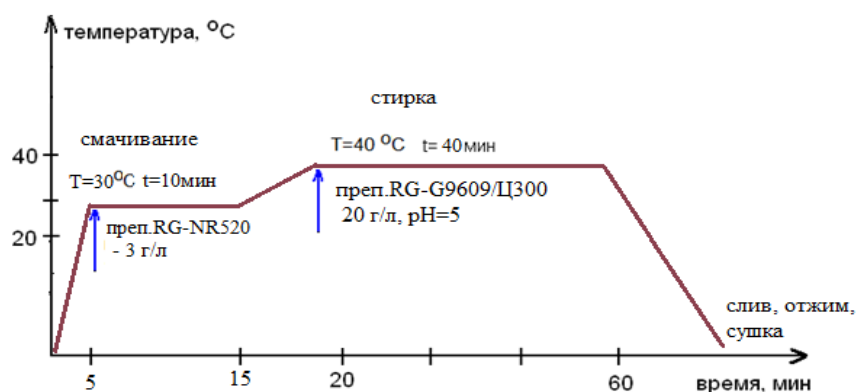


Рис. 5. Технологическая схема периодического способа обработки льняных махровых изделий

Преимущества разработанной технологии:

- придание махровым изделиям повышенной объемности и мягкого грифа, сохраняя и улучшая при этом физические, механические и гигроскопические свойства;
- отсутствие негативного воздействия на экологическую обстановку производства и окружающей среды, так как ферменты на 100% биоразлагаемы;
- отсутствие разрушающего воздействия на волокнообразующий полимер – целлюлозу;
- снижение себестоимости готовой продукции за счет возможности использования белорусских препаратов производства ООО «Фермент», обработки при низких температурах (40-50°C) в нейтральной щелочной среде (pH = 5);
- перманентность достигаемого эффекта.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Леонтьева И. Г., Заец Е. А., Белявская А. А. Сравнительный анализ потребительских свойств махровых полотенец // Материалы докладов 52-й международной научно-технической конференции преподавателей и студентов : Витебск, 24 апреля 2019 года. – Витебск: ВГТУ, 2019. – С. 230-233.
2. ГОСТ 11027-2014. Ткани и штучные изделия хлопчатобумажные махровые и вафельные. Общие технические условия. – М. Стандартинформ, 2015. – 8 с.
3. ТР ТС 017/2011. О безопасности продукции легкой промышленности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_124672/6c4a1ee3c7254e37120e3975a99d14d64732a691/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_124672/6c4a1ee3c7254e37120e3975a99d14d64732a691/).
4. Тихонова Ж. Е., Косоплечева В. Л. Разработка махровой ткани // Материалы докладов 51-й международной научно-технической конференции преподавателей и студентов : Витебск, 25 апреля 2018 года. – Витебск: ВГТУ, 2018. – С. 255-257.
5. Котко К. А., Ясинская Н. Н., Скобова Н. В. Нетрадиционный способ придания мягкости льносодержащим махровым изделиям // Материалы докладов 53-й международной научно-технической конференции преподавателей и студентов : Витебск, 22 апреля 2020 года. – Витебск: ВГТУ, 2020. – С. 277-279.
6. Ленько К. А., Ясинская Н. Н., Скобова Н. В. Оценка гигроскопических свойств хлопчатобумажных тканей после биоумягчения периодическим способом // Молодь – науці і виробництву – 2021: Інноваційні технології легкої промисловості : Матеріали міжнародної науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених, Херсон, 19–20 мая 2021 года. – Херсон: ХНТУ, 2021. – С. 85-86.



**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МИКРОВОЛОКОН НА ПОКАЗАТЕЛИ  
ВОЗДУХОПРОНИЦАЕМОСТИ И СУММАРНОГО ТЕПЛООВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ  
ОБЪЕМНЫХ НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**RESEARCH OF THE INFLUENCE OF MICROFIBER ON THE INDEX OF AIR  
PERMEABILITY AND TOTAL THERMAL RESISTANCE OF BULK NON-WOVEN  
MATERIALS**

М.С. Лисаневич<sup>1</sup>, Е.В. Мезенцева<sup>2</sup>, В.Ю. Мишаков<sup>3</sup>  
M.S. Lisanevich<sup>1</sup>, E.V. Mezentseva<sup>2</sup>, V. Yu. Mishakov<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Казанский национальный исследовательский технологический университет  
<sup>2</sup>ООО «Термопол», Москва

<sup>3</sup> Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина  
(Технологии. Дизайн. Искусство), Москва

<sup>1</sup>Kazan National Research Technological University  
<sup>2</sup>LLC "Termopol", Moscow

<sup>3</sup>Russian state University named after A.N. Kosygin (Technology. Design. Art), Moscow  
E-mail: lisanevichm@gmail.com

**Показано, что повышение количества содержания микроволокон приводит к снижению показателя воздухопроницаемости нетканого материала, что может приводить к снижению эргономичности изделий.**

**Увеличение доли содержания микроволокон в структуре нетканых материалов приводит к снижению показателя суммарного теплового сопротивления до и после 5 циклов стирок.**

**Ключевые слова:** воздухопроницаемость, суммарное тепловое сопротивление, объемный нетканый материал, утеплители.

**It is shown that an increase in the quality of the content of microfibers leads to an indicator of the air permeability of the nonwoven material, which can lead to a decrease in the ergonomics of products.**

**An increase in the proportion of microfibers in the structure of nonwovens leads to an indicator of the total thermal resistance before and after 5 wash cycles.**

**Keywords:** air permeability, thermal resistance, nonwoven material, insulation.

Как известно, в объемных нетканых материалах активно используется сырьевой компонент – микроволокно в различном соотношении. Микроволокна – это волокна линейной плотностью не более 0,11 текс [1].

В проекте ГОСТ Р нетканые объемные материалы предлагается считать микроволоконными при содержании не менее 60 % микроволокон [2].

На данный момент в отечественной и зарубежной производственной практике использование количества микроволокон в составе нетканых материалов регулируется исключительно исходя из свойств и необходимых характеристик продукции. Нормативное регулирование содержания микроволокон в объемных нетканых полотнах может стать причиной ухудшения свойств, увеличения стоимости продукции с применением микроволокон без улучшения ее качества.

Таким образом, исследования направленные на изучения влияния содержания микроволокон на свойства объемных нетканых материалов становится актуальным.

В качестве объектов исследования были выбраны:

- нетканый материал с содержанием 20 % микроволокон в составе, поверхностная плотность 108 г/м<sup>2</sup> (образец 1);

- нетканый материал с содержанием 80 % микроволокон, с поверхностной плотностью 108 г/м<sup>2</sup> (образец 2).

Были изучены показатели воздухопроницаемости, суммарного теплового сопротивления.

Воздухопроницаемость – это способность материалов пропускать воздух. Как известно, показатель воздухопроницаемости относится к важнейшим характеристикам текстильных материалов, определяющим эргономические свойства будущего изделия [3-5].

Воздухопроницаемость, определяемая при постоянной разнице давлений, зависит от ряда факторов: от конструкции, пористости нетканого материала, вида волокон, вида отделки, влажности нетканого материала, грифа полотна и т.д. На сопротивление, оказываемое нетканым материалом потоку проходящего воздуха, оказывает влияние наличие сквозных пор, а, именно, количество, размер и форма пор. При одинаковой площади пор воздухопроницаемость нетканых материалов может быть различной; у материалов из тонких волокон или нитей с мелкими порами она меньше, чем воздухопроницаемость материалов с крупными порами. Воздух, просачиваясь через материал под влиянием разности давлений, совершает работу. Часть работы затрачивается на трение воздуха о нетканый материал, часть – на преодоление инерционных сил внешней среды. Чем меньше поры, тем больше трение воздуха о материал, тем меньше воздухопроницаемость.

Сущность анализа воздухопроницаемости – определение скорости потока воздуха, проходящего перпендикулярно через образец для испытаний при заданном давлении воздуха.

Методика испытаний изложена в стандарте ISO 9073-15:2007 «Текстиль. Методы испытания нетканых материалов. Часть 15. Определение воздухопроницаемости». Испытания проводились на приборе марки A0003-PC (производства IDM Instrument).

Суммарное тепловое сопротивление нетканых материалов, используемых в качестве утеплителей в одежде, является основным физическим свойством, характеризующим способность материала сохранять тепло.

Показатель суммарного теплового сопротивления измеряли по ГОСТ 20489-75 «Материалы для одежды. Метод определения суммарного, теплового сопротивления».

Показатель суммарного теплового сопротивления измеряли, после 5 стирок измеряли по ГОСТ ISO 6330-2011 «Материалы текстильные. Методы домашней стирки и сушки для испытаний».

В таблице 1 представлены данные по воздухопроницаемости и суммарному тепловому сопротивлению нетканых материалов с различным содержанием микроволокон.

Таблица 1

Показатели воздухопроницаемости и суммарного теплового сопротивления объектов исследования

Объект исследования	Содержание микроволокон, %	Показатель воздухопроницаемости, мм/с	Суммарное тепловое сопротивление, С·м <sup>2</sup> /Вт	Суммарное тепловое сопротивление, после 5 стирок, С·м <sup>2</sup> /Вт
Образец 1	20	3510,4±53,4	0,42	0,39
Образец 2	80	2750,2±48,9	0,41	0,38

Как видно из полученных данных, показатель воздухопроницаемости у нетканого материала с содержанием микроволокон 20 % на 22 % выше, чем у образца с содержанием микроволокон 80 %.

Следовательно, повышение содержания микроволокон приводит к уменьшению показателя воздухопроницаемости, что может сказаться на эргономичности изделий.

В результате анализа показателей суммарного теплового сопротивления до и после 5 стирок, можно заключить, что увеличение содержания микроволокон приводит к снижению показателя суммарного теплового сопротивления на 2,4 % и 2,6 % соответственно.

Таким образом, увеличение содержания микроволокон в составе нетканых объемных материалов не приводит к улучшению показателей воздухопроницаемости и суммарного теплового сопротивления до и после 5 циклов стирок.

В дальнейших работах предполагается найти зависимость между содержанием микроволокон в составе нетканых материалов и другими показателями.

## **Выводы**

1. Повышение содержания микроволокон приводит к значительному уменьшению показателя воздухопроницаемости за счет уменьшения размера пор, что может снизить эргономичность изделий из нетканых материалов.
2. Повышение содержания микроволокон приводит к снижению показателя суммарного теплового сопротивления до и после пяти стирок за счет перераспределения доли содержания полимера и воздуха в единице объема полотна. Снижение количества инертного воздуха в единице объема приводит к снижению теплозащитных свойств полотен.

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. Мезенцева, Е.В. Исследование структуры и свойств нетканых объемных материалов в зависимости от содержания полиэфирных микроволокон / Мезенцева Е.В., Иванов В.В., Мишаков В.Ю. // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2019. № 5 (383). С. 54-60.
2. Проект ГОСТ – Материалы нетканые объемные микроволоконные. Общие технические условия. Методы испытаний. – Москва: ТК 320 (ПК 004). – 2017 – 2021 гг. – 30 с.
3. Лисаневич, М.С. / Модификация низкотемпературной плазмой пятислойных спанмелт-материалов медицинского назначения // Лисаневич М.С., Галимзянова Р.Ю. Бутлеровские сообщения. 2021. Т. 66. № 5. С. 65-69.
4. Влияние радиационной стерилизации на свойства спанмелт-материалов / Хакимуллин Ю.Н., Бахридина А.Р., Шаймарданова Р.Р., Лисаневич М.С., Галимзянова Р.Ю. // Вестник Технологического университета. 2015. Т. 18. № 1. С. 251-253.
5. Влияние гамма- и электронного излучений при радиационной стерилизации на свойства материала на основе вискозного волокна / Галимзянова Р.Ю., Шакирова Ю.Д., Лисаневич М.С., Хакимуллин Ю.Н., Жанжора А.П. // Вестник Технологического университета. 2016. Т. 19. № 10. С. 99-101.

## **ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ТРИКОТАЖНЫХ ПОЛОТЕН ПРИМЕНИТЕЛЬНО К АССОРТИМЕНТУ ООО «МИРТЕКС»**

### **SOFTWARE FOR DESIGNING KNITTED FABRICS APPLICABLE TO THE ASSORTMENT OF LLC «MIRTEX»**

М.С. Лобанова, Д.А. Мирошниченко, И.С. Барабанщикова, Т.В. Смирнова  
M.S. Lobanova, D.A. Miroshnichenko, I.S. Barabanshchikova, T.V. Smirnova

Ивановский государственный политехнический университет  
Ivanovo State Polytechnic University  
E-mail: marina1999711@gmail.com, pti@ivgpu.com, bobilkova\_irina@mail.ru,  
sg\_smirnov\_yyp@mail.ru

**В статье рассмотрено программное обеспечение для расчета параметров трикотажных полотен, разработанное применительно к ассортименту предприятия ООО «МИРтекс». Представлены возможные варианты расчета параметров в зависимости от назначения изделия. Проведено сопоставление торговых названий полотен с общепринятыми терминами переплетений.**

**Ключевые слова:** программное обеспечение, трикотажное полотно, информационные технологии, расчет параметров.

**The article discusses the software for calculating the parameters of knitted fabrics, developed in relation to the assortment of the company "Mirtex" LLC. Possible options for calculating the parameters depending on the purpose of the product are presented. The trade names of the canvases are compared with the generally accepted terms of interlacing.**

**Keywords:** software, knitted fabric, information technologies, calculation of parameters.

В настоящее время все технологическое, в том числе трикотажное оборудование, выпускаемое в мире, оснащается компьютерной техникой, которая является ее неотъемлемой составной частью. В условиях рыночной экономики конкурентную борьбу успешно выдерживают только предприятия, применяющие в своей деятельности современные информационные технологии, которые наряду с прогрессивными технологиями материального производства, позволяют существенно улучшить качество производственных процессов и продукции, а также значительно сократить сроки изготовления конкурентоспособных материалов и изделий [1].

Технологические возможности современного вязального оборудования позволяют вырабатывать широкий диапазон переплетений от простых (главных и их производных) до сложных (рисунчатых и комбинированных), отличающихся большими раппортами узора и сложным, многообразным сочетанием структурных петельных элементов. При этом наиболее важными условиями, определяющими эффективность производства, являются: возможность разработки нового ассортимента выпускаемых изделий, автоматизация этапов проектирования и прогнозирования результатов выработки трикотажных полотен, а также изучение оптимальных исходных характеристик пряжи и оборудования для получения новых видов изделий. В связи с этим, возникает необходимость в автоматизированном проектировании и расчета параметров трикотажных полотен, особенно на предприятиях с широким ассортиментом вырабатываемых трикотажных полотен и изделий.

Одним из признанных лидеров по производству трикотажных полотен, как в Ивановском регионе, так и на российском рынке, является предприятие ООО «МИРтекс» (г. Фурманов). Производство оснащено современным европейским оборудованием, использует высококачественное сырье и новейшие красители, что позволяет соблюдать все современные технологии при изготовлении трикотажных изделий. Сегодня

фабрика выпускает до 1300 тонн продукции в месяц, имеет широкую ассортиментную линейку и постоянное обновление дизайна трикотажного полотна [2]. Однако одним из наименее компьютеризированных этапов технологической цепочки является процесс автоматизированного проектирования и расчета параметров выпускаемых полотен.

Коллективом авторов, на базе научно-образовательного центра «Центра компетенций текстильной и легкой промышленности» ИВГПУ, проведен анализ ассортимента и технологии производства продукции предприятия, на основе которого разработан программный продукт по автоматизированному расчету параметров трикотажных полотен применительно к производству ООО «МИРтекс». Программа написана на основе редактора Microsoft Excel и запускается через соответствующее приложение. Обязательным условием для ее корректной работы является использование версии Microsoft Office не ниже 2013 года.

Анализ литературных источников [3-5], показал, что в зависимости от задач проектирования параметров трикотажа исходные данные могут быть заданы по трем вариантам:

1 вариант – волокнистый состав, вид и линейная плотность нити (пряжи); тип вязального оборудования; трикотажное переплетение; назначение трикотажа;

2 вариант – тип и класс вязального оборудования; волокнистый состав и вид нити (пряжи); трикотажное переплетение; назначение трикотажа;

3 вариант – тип и класс вязального оборудования; волокнистый состав, вид и линейная плотность нити (пряжи); трикотажное переплетение; назначение трикотажа.

Определены формулы и постоянные составляющие для расчета петельной структуры применительно к продукции предприятия. Так по первому варианту необходимо определить класс вязальной машины в зависимости от линейной плотности нити; по второму варианту требуется провести расчет линейной плотности нити в зависимости от класса вязальной машины; в третьем варианте следует проверить соответствие линейной плотности нити классу вязальной машины [6].

На основе анализа ассортимента выпускаемой продукции торговые названия полотен предприятия: «футер», «лакост», «велюр», «махра», «рибана», «кашкорсе», «кулирка» и т.д. сопоставлены с трикотажными переплетениями. Исходя из этого, в программе предусмотрен отдельный расчет параметров изделий, выработанных переплетением одной или нескольких нитей, перечень которых представлен в табл 1.

Таблица 1

Перечень переплетений

<b>Изделия из одной нити</b>	<b>Изделия из двух нитей</b>
Кулирная гладь	Плюшевое (Махра)
Ластик 1-1 (Рибана)	Футер удвоенный (Трехнитка)
Ластик 2-2 (Кашкорсе)	Футер удвоенный (Двухнитка)
Жаккардовое двойное двухцветное	Плюшевое (Велюр)
Фанговое (Лакост, пике)	
Интерлок	

Так же установлено, что производимые предприятием полотна по сырьевому составу однокомпонентные или смешанные. Однокомпонентные - вырабатываются из 100% хлопка, смешанные – в различном процентном соотношении и сочетании сырья: хлопок, вискоза, лайкра, полиэстер.

Для расчета параметров в окне ввода данных, представленном на рис. 1, вводятся следующие значения:

- линейная плотность пряжи/нити (текс);
- процентное содержание пряжи/нити каждой линейной плотности (%);
- сырьевой состав;
- вид трикотажного переплетения;
- количество фонтур (игольниц).

Программа для расчета параметров трикотажных изделий, вырабатываемых из одной нити					
Введите линейную плотность пряжи / нити	Текс	Введите процентное содержание каждого вида	%	Выберите вид волокна	Выберите вид переплетения и количество фонтур
T <sub>1</sub> =	10	П <sub>1</sub> =	20	Хлопок	Кулирная гладь
T <sub>2</sub> =	15	П <sub>2</sub> =	30	Вискоза	
T <sub>3</sub> =	14,5	П <sub>3</sub> =	50	Спандекс	Одна фонтур
T <sub>суммарное</sub> =	39,5	П <sub>суммарное</sub> =	100		

Рис. 1. Вводимые параметры для расчета

В программе предусмотрена возможность расчета полотен, вырабатываемых из трех различных видов волокон, для каждого из которых отдельно задается линейная плотность (T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub>) и процентное вложение (П<sub>1</sub>, П<sub>2</sub>, П<sub>3</sub>). Суммарное значение процентного содержания каждого вида волокна должно быть равно 100, при несоответствии этому требованию выводится информационное сообщение, представленное на рис. 2.

П <sub>суммарное</sub> =	120
Суммарное процентное содержание не равно 100	

Рис. 2. Информационное сообщение программы

Виды волокон и переплетений, а также количество фонтур (игольниц) трикотажной машины выбираются из открывающихся списков, приведенных на рис. 3.

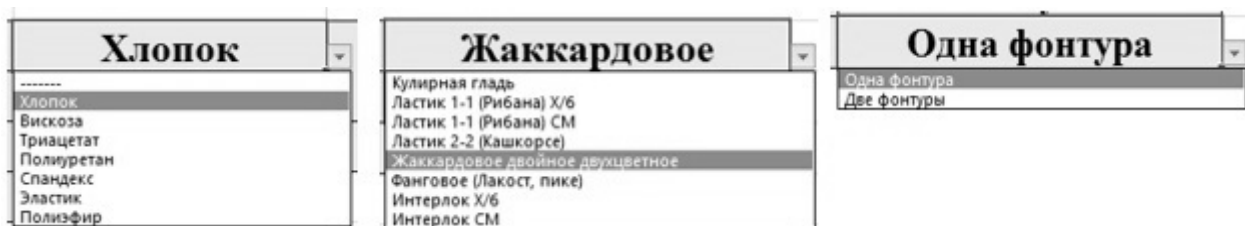


Рисунок 3. Выбор расчетных параметров

Поскольку производимые полотна по сырьевому составу могут быть однокомпонентными, в программе предусмотрена возможность расчета параметров для одного вида волокна. В таком случае для оставшихся двух строк ввода данных линейную плотность и процентное вложение задаются нулевыми значениями, для вида волокна выбирается прочерк.

После ввода всех необходимых данных на экран автоматически выводятся значения рассчитанных параметров:

- диаметры нитей (расчетный, условный, средний) (мм);
- объемная масса пряжи (г/см<sup>3</sup>);
- плотность вещества пряжи (г/см<sup>3</sup>);
- плотность трикотажного полотна:
  - по горизонтали (число петельных столбиков на 100 мм);
  - по вертикали (число петельных рядов на 100 мм);
  - общая плотность (число петель в куске 100 × 100 мм<sup>2</sup>);
  - количество петель в 1 м<sup>2</sup>;
  - поверхностная плотность (г/м<sup>2</sup>);
- параметры петельной структуры:
  - петельный шаг (мм);
  - высота петельного ряда (мм);
  - длина нити в петле (мм);
  - длина нити в одном ряду (мм);

- число игл;
- коэффициент структуры;
- коэффициент соотношения плотности;
- модуль петли.

Расчет параметров проводится по введенным в соответствующие ячейки формулам с учетом соответствующих коэффициентов. Окно вывода данных, представлено на рис. 4.

Расчетные параметры трикотажа					
Объемная масса пряжи	г/см <sup>3</sup>	Плотность вещества пряжи	г/см <sup>3</sup>	Диаметры нитей	мм
$\delta_1 =$	0,8	$\gamma_1 =$	1,52	Расчетный диаметр $d_p =$	0,257
$\delta_2 =$	0,75	$\gamma_2 =$	1,52	Условный диаметр $d_y =$	0,196
$\delta_3 =$	0,75	$\gamma_3 =$	1,1	Средний диаметр $d_{ср} =$	0,225
$\delta_{ср.вз} =$	0,76	$\gamma_{ср.вз} =$	1,31		
Плотность трикотажа		Параметры петельной структуры		Коэффициенты	
Плотность по горизонтали $\Pi_g =$ (число петельных столбиков на 100 мм)	98,9	Петельный шаг $A =$	1,01	Козф. структуры $n =$	4,5
		Высота петельного ряда $B =$	0,87	Козф. соотношения плотности $C =$	0,865
Плотность по вертикали $\Pi_v =$ (число петельных рядов на 100 мм)	114,3	Длина нити в петле $l =$	4,17		
		Общая плотность $\Pi =$ (кол-во петель в куске $100 \times 100 \text{ мм}^2$ )	11308,86	Длина нити $L$ в одном ряду	4128
Кол-во петель в $1 \text{ м}^2$ $\Pi_s =$	1130886	-----			
Поверхностная плотность $\rho_s =$ (г/м <sup>2</sup> )	186,5	Кол-во петельных столбиков в $1 \text{ м}^2$ , равно числу игл	989		

Рис. 4. Окно вывода параметров

Расчет параметров трикотажных полотен, вырабатываемых из двух нитей, осуществляется по такому же принципу. Для этого пользователь переключается на второй лист программы, где определяются параметры полотен, вырабатываемых переплетениями, представленными во втором столбце табл. 1. Здесь отдельно вводятся значения для нитей грунта и нитей плюша / футера. Переплетение и количество фонтур задаются один раз для всего вида полотна. На рис. 5 приведен пример такого ввода данных.

Программа для расчета параметров трикотажных изделий, вырабатываемых из двух нитей					
Введите линейную плотность нити для грунта	Текс	Введите процентное содержание каждого вида волокна грунта	%	Выберите вид волокна нитей грунта	Выберите вид переплетения и количество фонтур
$T_{г1} =$	10	$\Pi_{г1} =$	60	Эластик	Плюшевое (Велюр)
$T_{г2} =$	15	$\Pi_{г2} =$	30	Вискоза	
$T_{г3} =$	30	$\Pi_{г3} =$	10	Полиэфир	Одна фонтур
$T_{г \text{ суммарное}} =$	55	$\Pi_{г \text{ суммарное}} =$	100		
Введите линейную плотность нити для плюша/футера	Текс	Введите процентное содержание каждого вида волокна плюша/футера	%	Выберите вид волокна нитей плюша/футера	
$T_{п/ф1} =$	47	$\Pi_{п/ф1} =$	30	Хлопок	
$T_{п/ф2} =$	10	$\Pi_{п/ф2} =$	50	Вискоза	
$T_{п/ф3} =$	10,5	$\Pi_{п/ф3} =$	20	Эластик	
$T_{п/ф \text{ суммарное}} =$	67,5	$\Pi_{п/ф \text{ суммарное}} =$	100		

Рис. 5. Окно ввода данных второго листа программы

Для нитей грунта и нитей плюша / футера отдельно проводится расчет объемной массы, плотности вещества и диаметров нитей, пример представлен на рис. 6. Остальные параметры рассчитываются с учетом разделенных значений.

Расчетные параметры трикотажа					
Объемная масса пряжи грунта	г/см <sup>3</sup>	Плотность вещества пряжи грунта	г/см <sup>3</sup>	Диаметры нитей грунта	мм
$\delta_{г1} =$	0,033	$\gamma_{г1} =$	1,15	Расчетный диаметр $d_{гp} =$	0,479
$\delta_{г2} =$	0,75	$\gamma_{г2} =$	1,52	Условный диаметр $d_{гy} =$	0,212
$\delta_{г3} =$	0,05	$\gamma_{г3} =$	1,4	Средний диаметр $d_{гcp} =$	0,318
$\delta_{г\text{ ср.вз}} =$	0,2498	$\gamma_{г\text{ ср.вз}} =$	1,28		
Объемная масса пряжи плюша/футера	г/см <sup>3</sup>	Плотность вещества пряжи плюша/футера	г/см <sup>3</sup>	Диаметры нитей плюша/футера	мм
$\delta_{п/ф1} =$	0,8	$\gamma_{п/ф1} =$	1,52	Расчетный диаметр $d_{п/фp} =$	0,38
$\delta_{п/ф2} =$	0,75	$\gamma_{п/ф2} =$	1,52	Условный диаметр $d_{п/фy} =$	0,25
$\delta_{п/ф3} =$	0,033	$\gamma_{п/ф3} =$	1,15	Средний диаметр $d_{п/фcp} =$	0,308
$\delta_{п/ф\text{ ср.вз}} =$	0,6216	$\gamma_{п/ф\text{ ср.вз}} =$	1,44		

Рис. 6. Расчет значений параметров трикотажного полотна из двух нитей

Таким образом, данное программное обеспечение позволяет рассчитывать параметры трикотажных полотен, исходя из заданных значений линейной плотности пряжи, вида волокна и его процентного вложения, вида переплетения и необходимого количество фонтур. Программа адаптирована под перечень трикотажных полотен, которые в настоящее время производятся на предприятии ООО «МИРтекс» и при расширении ассортимента может быть переработана и дополнена. Внедрение на предприятии такой программы позволяет автоматизировать процесс расчета параметров трикотажных полотен и избавляет технологов от рутинной работы, а также повышает производительность труда и качество выпускаемой продукции. Кроме того, данная программа может быть использована в учебном процессе при проведении проверочных расчетов в рамках дисциплин по технике и технологии трикотажного производства для бакалавров и магистрантов-технологов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Строганов, Б.Б. Современные кругло- и плосковязальные машины: учебное пособие / Б.Б. Строганов. – М.: РосЗИТЛП, Информ-Знание, 2009. – 288 с.
2. ООО «МИРтекс»: о компании. Электронный ресурс: <https://www.mirtex.ru/o-kompanii/>
3. Рациональные методы использования сырья в трикотажной промышленности: методические указания / сост. О.П. Сотскова. – Иваново: ИГТА, 2001. – 45 с.
4. Пряжа для производства трикотажа: текст лекций / сост. И.В. Фролова. – Иваново: ИГТА, 2002. – 40 с.
5. Ровинская, Л.П. Проектирование технологических параметров трикотажных полотен и чулочно-носочных изделий: учебное пособие / Л.П. Ровинская, Н.Ф. Зыбина. – СПб.: СПГУТД, 2002. – 107 с.
6. Сотскова, О.П. Верхние трикотажные изделия: учебное пособие / О.П. Сотскова. - Иваново: ИВГПУ, 2013 г. – 264 с.



## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОЛЛЕКЦИИ КОВРОВ С УЧЕТОМ ОСОБЕННОСТЕЙ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОИЗВОДСТВА И ЦЕНОВОГО СЕГМЕНТА**

### **DESIGN OF A CARPETS COLLECTION, CONSIDERING THE CHARACTERISTICS OF PRODUCTION TECHNOLOGIES AND PRICE SEGMENT.**

О.П. Лященко, Е.В. Полякова  
O.P. Lyashchenko, E.V. Polyakova

Московская государственная художественно-промышленная академия  
имени С.Г. Строганова  
Moscow State Stroganov Academy of Industrial and Applied Arts  
E-mail: masamamaj6562@gmail.com, e.polyakova@smde.ru

**В статье рассмотрена проблематика современного художественного проектирования и его последующая адаптация к технологическим особенностям производства ковроткачества. Затронут аспект качественных и художественных характеристик в различных ценовых сегментах, а также дистанционное сотрудничество с производством в условиях пандемии.**

**Ключевые слова:** методика проектирования тканей, ковроткачество, технологии ткачества

**The article considers the issue of modern artistic design and its following adaptation to the technological features of carpet weaving production. It touches the aspect of quality and artistic characteristics in different price segments, as well as remote cooperation with production in a pandemic.**

**Key words:** fabric design methodology, carpet weaving, weaving technology

Современная российская легкая промышленность представляет собой перспективную отрасль, находящуюся на этапе подъема после длительного периода кризиса, одним из важных факторов развития которой является грамотное и продуктивное сотрудничество между дизайнерами и текстильными фабриками. Разработка художественных проектов с учетом технологических особенностей, позволяет минимизировать затраты производства и ускорять процессы создания продукции, а также находить пути повышения качественных и эстетических характеристик. Важным аспектом становится работа фабрик в условиях пандемии, а именно дистанционное сотрудничество с художниками в различных сферах текстильных предприятий.

На сегодняшний день, одним из прогрессивно развивающихся отраслей легкой текстильной промышленности, становится производство ковровых изделий. Ковер, как предмет традиционного декоративного искусства, с ростом новых технологий и общим процессом глобализации в настоящее время переживает серьезную трансформацию. Культурные коды различных регионов земного шара, фольклорные мотивы, традиционные палитры тех или иных народностей становятся общедоступным материалом, который творчески перерабатывается и интегрируется в современный дизайн. Таким образом, современный ковер – это сложное и разнообразное явление, где сохраняются как классические образы, так и создаются новые, необычные решения, сформированные на основе синтеза разнообразных художественных явлений. Кроме того, большую роль в развитии ковроткачества играет наличие и постоянное усовершенствование ткацкого оборудования, благодаря чему повышается уровень не только технологического процесса, но и художественные, и качественные характеристики.

Пройдя длительные этапы от сугубо утилитарного предназначения до художественно-эстетического, в современном мире ковроткачество приобрело комплекс качеств, учитываемых при создании образцов. На данный момент, для общества помимо внешнего вида элемента декора, важной составляющей становятся его качественные и тактильные

характеристики, а интерьеры частью которых являются ковры, представляют собой совокупность различных элементов, создающих общий гармоничный облик помещения. Важным фактором, влияющим на визуальные характеристики ковра, является ценовой сегмент и региональные предпочтения. Исторически сложившаяся тенденция высокого художественно-эстетического уровня ковровых изделий, сотканых вручную с использованием натуральных материалов и предназначенных для элит, сохраняется до сих пор.

Несмотря на высокие качественные и художественно-эстетические характеристики ковров класса люкс, не составит труда найти бюджетные аналоги в более низком ценовом сегменте, не только не уступающие, но и в отдельно взятых случаях превосходящие по ряду качеств. Ковры в низком и среднем ценовом сегментах ткются на машинном производстве из синтетических и смесовых волокон. Использование таких материалов повышает качественные характеристики изделий, делая их более износостойкими, гипоаллергенными, устойчивыми к грязи и повреждениям.

Анализ трендов и продукции на российском рынке показал, что на данный момент все же прослеживается разрыв между текстильными изделиями масс маркета и оригинальными дизайнерскими образцами премиального сегмента. Разница особенно ощутима при рассмотрении региональной продукции, отстающей от современных трендов на несколько лет и отличающейся менее изящными и красивыми образцами. Это обусловлено недостатком средств на модернизацию и закупку нового оборудования и более качественного сырья. Кроме того, большое значение имеет упавший уровень профессионализма после разрушения легкой промышленности в 1990-х годах и не востребоваемости профессии на рынке труда, что привело к недостатку профильного художественного и технологического образования.

Ковровых предприятий на территории центральной России не так много и, к сожалению, их продукция зачастую не является конкурентоспособной. Сегодня насущной задачей является при тщательном сохранении традиций, ввести в производство новейшие технологии в сфере оборудования, сырья и проектирования, а также поощрение творческих инициатив среди молодого поколения дизайнеров. Производство аналогового сырья, активное применение и создание современных тенденций в сфере художественного проектирования, должно стать решением проблемы качественной и эстетической дисбаланса между текстильной продукцией ковров в разных ценовых сегментах. Несмотря на положительное влияние технологического прогресса на этот процесс, к сожалению, достичь полного отсутствия различий будет невозможно. Более того, учитывая современные мировые экономические тенденции, существует большая вероятность тотального разрыва и пропажи среднего ценового сегмента с рынка. Задача дизайнера минимизировать эту разницу, создавая качественные по своим художественно-эстетическим характеристикам проекты, которые будут широкому кругу потребителей.

Данная тема поднята и рассмотрена мной в научной исследовательской работе, целью которой была адаптации мотивов и композиционных принципов, выработанных в уникальных произведениях ткачества к массовому производству, а также изучение художественных и технико-технологических особенностей ковров люксового сегмента на современном рынке с последующей адаптацией их к машинному производству. В ходе практического исследования, проведенного при посещении текстильных фабрик “Aydın textil”, “Süpertextile” и “ООО Павлово-Посадский шелк”, появилась возможность изучить работу мануфактур на различных этапах производства. Существует распространенное мнение что важной частью производственного процесса является непосредственно ткачество изделия на фабрике, однако важную роль играет именно подготовительный этап, включающий в себя художественное проектирование. С помощью современного компьютерного программирования можно подготовить визуальный материал с учетом особенностей производства, что позволяет прогнозировать конечный результат и разрабатывать продукт в рамках одной стилиевой концепции. Начало реализация текстильных изделий на каждом предприятии происходит либо с эскиза разработанного собственным штатом дизайнеров, либо с приобретенного

рисунка у художника. Наиболее распространенной практикой является именно покупка художественной разработки у индивидуальных дизайнеров, так как это позволяет фабрике экономить на содержании студии и создавать разнообразный по стилистике продукт.

При проектировании коллекции ковров важно учитывать технические характеристики каждого из типов производства.

Апробация проекта, разработанного в ходе методологической работы, выполнялась дистанционно на турецкой жаккардовой фабрике ковров “Carina Rugs”, с учетом правок и рекомендаций технического отдела производства. Для реализации были выбраны эскизы первой части коллекции “Composure”, основанные на аналитике текстильных и интерьерных тенденций, представленных на крупнейшей текстильной выставке Heimtextil во Франкфурте, а также аналитическими бюро SPOTT trends&business, WGSN, Pantone . Коллекция ориентирована на тему экологичного дизайна и создания пространства, отвечающего главным требованиям современного потребителя, которого современные мировые тенденции все больше стимулируют на возвращение к природе и обустройству жилищного пространства с применением растительных элементов или же текстильных изделий, вдохновленных природными формами. В условиях пандемии, охватившей мировое сообщество, мы столкнулись с необходимостью нахождения в стенах своих домов и квартир в течении длительного периода. Это также сказалось на цветовых и тактильных тенденциях в текстильном дизайне.

При создании коллекции использовались художественные изобразительные приемы, обусловленные ее тематикой. Первым этапом проектирования был сбор фотоматериала, ручная отрисовка природных текстур и форм, на основе собранного материала и дальнейшая разработка эскизов. Хаотичные структуры натуральных покрытий были преобразованы в монораппортную композицию через графические редакторы Adobe Photoshop и Adobe Illustrator. Так как одной из задач исследования было выявление взаимосвязи различных типов рисунков с особенностями технологий ковроткачества, процесс проектирования включал в себя этап адаптации разработанного дизайна к жаккардовому производству.

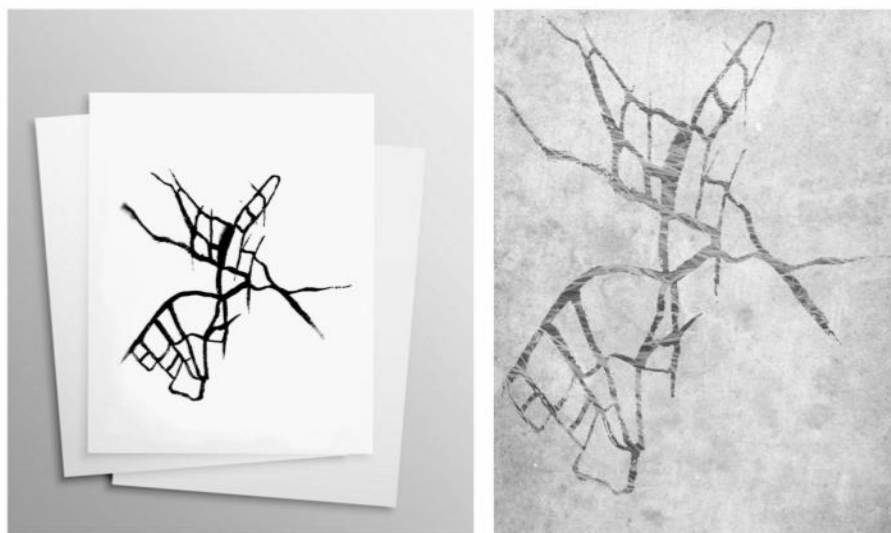


Рис. 1. Преобразование ручного эскиза в цифровой формат

Работа над проектом совпала с периодом пандемии, что значительно отразилось на методике подготовительного процесса и способах коммуникации между дизайнером и производством. Адаптация файлов выполнялась под руководством художников-дессинаторов фабрики дистанционно. Первым этапом совместной работы был отбор эскизного материала. Для этого исходные файлы в растровом формате Adobe Photoshop были переведены в вектор с помощью программы Adobe Illustrator. Так как для производства максимально допустимое количество нитей не должно превышать шесть цветов, были проведены ряд корректировок

файлов.

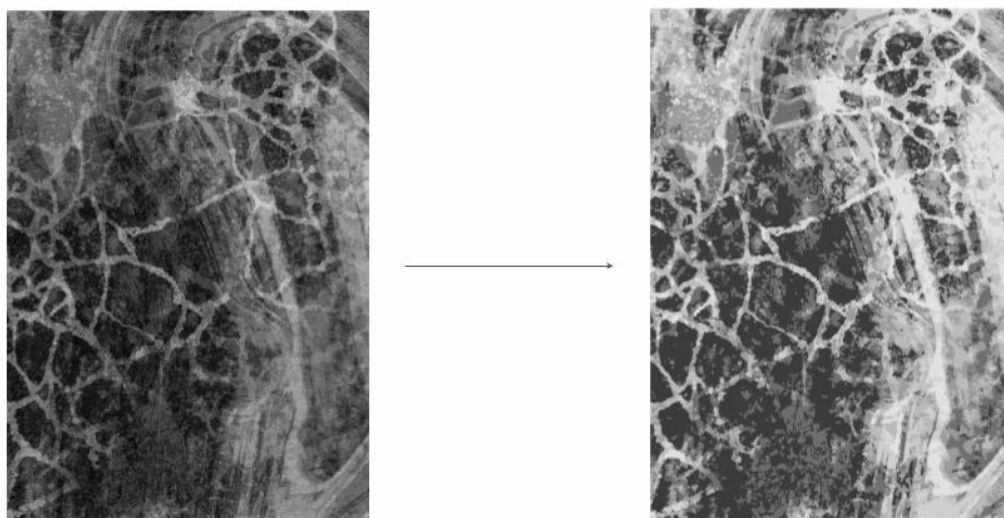
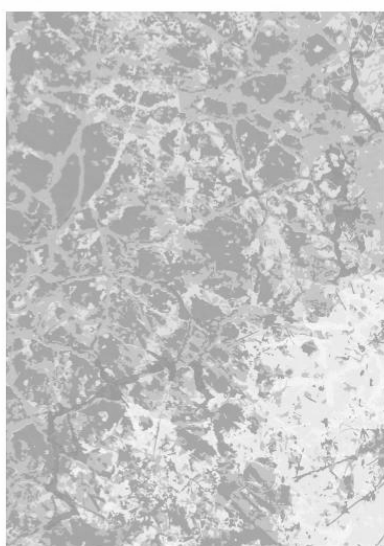


Рис. 2. Перевод рабочего эскиза из формата Adobe Photoshop в вектор Adobe Illustrator и ввод ограничения до 6 цветов

После утверждения подходящих эскизов, был проведен следующий этап - поиск подходящих цветовых и тоновых отношений, в результате которого были отобраны наиболее подходящие варианты. В процессе было решено сократить количество цветов до пяти, а шестой выполнить путем смешения уже двух утвержденных цветов.



R:197 G:181 B:166	R:223 G:216 B:202	R:247 G:243 B:242	R:200 G:215 B:212	R:152 G:174 B:211	R:200 G:215 B:238
нить: 1509	нить: 1261	нить: 1081 - 2	нить: 1425	нить: 1434	нить: 1433 или 1161

Рис. 3. Разбор эскизов по цветам и подбор нитей

Следующий этап работы заключается в подборе необходимого оттенка из нитей, используемых на производстве. Чтобы не допустить ошибок с цветопередачей, все выбранные и утвержденные оттенки нитей были расписаны по пунктам в соответствии с аддитивной цветовой моделью, описывающая способ кодирования цвета - RGB. Для запуска производства, необходимо было предоставить файлы в формате TIFF, так как это является необходимым параметром для создания необходимой схемы переплетения в десинаторской программе EAT CAD/CAM, применяемой на данном производстве. После обработки эскиза в данной программе, файл отправляется в систему ткацкого станка.

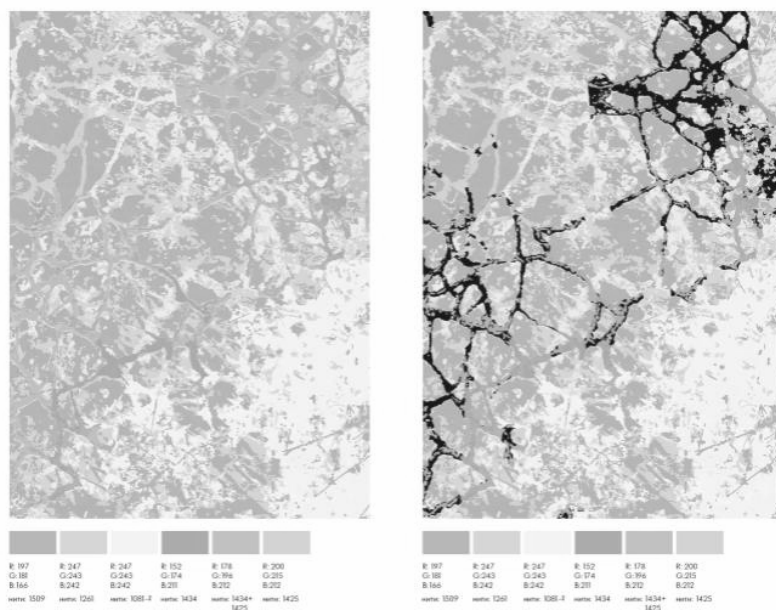


Рис. 4. Разбор на 6 нитей, где шестая представляет собой объединение двух нитей из предложенных пяти. Темным цветом выделена измененная нить.



Рис. 5. Увеличенный фрагмент рабочего файла, где 6 нить обозначена переплетением.

Практическим результатом исследования и разработки капсульной коллекции стал запуск разработанных ковров в производство фабрики “Carina Rugs” в качественный раздел Amına, под номером 128734.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Проектирование и производство жаккардовых тканей : учебное пособие для студентов специальностей 260703 "Проектирование текстильных изделий", 260703 "Технология и менеджмент ткацкого производства" / Г. Г. Сокова, Л. В. Чернышева ; М-во образования и науки Российской Федерации, Федеральное агентство по образованию, Костромской гос. технологический ун-т. - Кострома : Изд-во КГТУ, 2009. - 34, [1] с
2. Ермолина, Л. А. 2010. - с.132. - Промышленный дизайн: сущность, содержание, тенденции развития: философский анализ.

3. Базилевский А.А. 2006. - с.196. - Технология и формообразование в проектной культуре дизайна: Влияние технологии на морфологию промышленных изделий.
4. Клименко, И.А. 2003. - с.143. - Истоки дизайна в культуре.
5. Уильям Моррис и социальные истоки современной архитектуры. Гурьянова Г.А. Москва : Стройиздат, 1973. - 172 с / Проблемы массового и элитного искусства. Механизация и ручной труд.
6. Британская промышленная революция в глобальной картине мира. Аллен Р. М.: Издательство Института Гайдара, 2014. — 448 с.
7. The book of rugs, Oriental and European by schlosser, ignaz, 1893- 1971
8. William Morris. Wallpapers and Chintzes [Текст] : [Album] / Fiona Clark. With a biographical note by Andrew Melvin. - New York : St. Martin's press ; London : Acad. editions, [1974]. - 97 с.
9. The phoenix and the carpet by Nesbit, E. (Edith) 1858-1924
10. Oriental rugs and carpets:auction, Thursday, 13 October 2005 : [catalogue]. - London : Christie's, [2005]. - 192 с.
11. Essinger J. Jacquard's Web: How a Hand-Loom Led to the Birth of the Information Age. Oxford University Press, 2004. 256 p.

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЕЛЬЕФНЫХ ЖАККАРДОВЫХ ТКАНЕЙ

### DESIGN OF RELIEF JACQUARD FABRICS

М.С. Мамай, Е.В. Полякова  
M.S. Mamai, E.V. Polyakova

Московская государственная художественно-промышленная академия  
имени С.Г.Строганова  
Moscow State Stroganov Academy of Industrial and Applied Arts  
E-mail: masamamaj6562@gmail.com, e.polyakova@smde.ru

Приведены результаты исследования посвященного теме современного проектирования структурно-фактурных и художественных возможностей жаккардовой технологии в интерьерном текстиле. Выявлены недостатки в системе организации работы над запуском новых образцов в производство и предложена методика проектирования фактурных жаккардовых тканей.

**Ключевые слова:** структурно-фактурные возможности жаккардовой технологии, методика проектирования тканей, жаккардовые ткани.

**Below are the results of a study devoted to the subject of modern design of structural and textured and artistic possibilities of jacquard technology in interior textiles.**

**There were identified deficiencies in the system of organizing work on the launch of new samples into production and a methodology for designing textured jacquard fabrics is proposed.**

**Key words:** structural and textured possibilities of jacquard technology, fabric design technique, jacquard fabrics.

Производство жаккардовых тканей — это сложный многоэтапный процесс, требующий тщательной подготовки к реализации ткани на всех стадиях ее создания. На сегодняшний день существует множество вариантов подхода к проектированию жаккарда, однако по-прежнему затруднения вызывает поиск текстуры рисунка, которую практически невозможно спрогнозировать заранее. Для запуска в работу на оборудовании ткацких образцов дессинаторам необходимо подготавливать дополнительные варианты файлов, чтобы выполнить рельеф на поверхности за счет переплетений. Поскольку количество комбинаций таких переплетений неограниченно, подбор нужного эффекта займет время и задействует некоторый объем сырьевых материалов. Отдельной проблемой является апробация экспериментального образца на ткацких станках, поскольку оборудование всегда задействовано для выполнения текущих производственных задач. Поэтому предложенная мною методика создания жаккардовых прототипов с нанесенным рельефом, позволит конкретнее сформулировать цели для дессинаторов а также ускорить запуск образца в ткачество. Рельефный прототип может осуществляться на любых тканевых основах, поэтому допустимо использование отходных образцов ткани, а также технических тканей, изготавливаемых на производстве. В качестве одного из вариантов оптимизации процессов производства предложена новая система проектирования структурно-фактурных жаккардовых тканей. После проведенных практических исследований можно описать получившийся методологический процесс создания эскиза жаккардовой ткани следующими стадиями:

1. Проектирование мотива и раппорта ткани в Adobe Photoshop с применением инструментов визуального рельефа
2. Визуализация эскиза в интерьере
3. Конструирование прототипа, образца, выполненного на ткани в технике ручной трафаретной печати

#### 4. Передача материалов для запуска в производство

Создание рельефного цифрового эскиза и визуализации, в текущих условиях преобладания виртуальных способов коммуникации позволяет оперативно развивать каналы продвижения, и собирать отзывы целевой аудитории, не затрачивая при этом дополнительных времени и средств. При этом аналитика статистических данных поможет за короткое время реорганизовать или доработать концепцию для гарантированного успешного результата.

Опираясь на собственный опыт, полученный в результате сравнительного анализа нескольких действующих ткацких фабрик таких как “ООО Павлово-Посадский шелк”, “Aydin textile”, “Taksim textile” можно определить механизм организации работы над запуском в производство нового дизайна. Каждое ткацкое предприятие выстраивает собственную модель реализации новой ткани. Это может быть рисунок, разработанный в собственной дизайн-студии, или рисунок, приобретенный у индивидуального дизайнера. Как правило работа выполненная вне производства, часто нуждается в комплексе изменений и доработок, влекущих за собой целый ряд сложностей, связанных с техническими параметрами. После создания ручного или цифрового эскиза начинается процесс корректировки под необходимые параметры изображения в графических редакторах. На данном этапе рисунок выстраивается в раппорт и адаптируется в соответствии с трендами текущего или будущего сезона. Далее происходит разработка рисунка художниками-дессинаторами, определяющими структуру ткани, виды переплетения. За пробными образцами, протестированными на качество, следует запуск ткани в работу и выполнение ее в объемном метраже. Затраты времени и средств на все перечисленные стадии изготовления жаккардовой ткани, при низких уровнях продаж, не восполняются. Но при использовании ряда современных инструментов проектирования, возможно создать обновленную систему создания и запуска новой ткани, которая создаст альтернативный вариант организации разработки эскиза и его реализации в материале.

Целью моего исследования был поиск и разработка художественной и технологической составляющей в проектировании рельефных жаккардовых тканей, на основе принципов цифрового ткачества, с помощью собственной методики проектирования и прототипирования жаккардовых тканей. Для апробации методологии была создана коллекция эскизов “Relief”. Так как отличительной характеристикой жаккарда является рельефная поверхность ткани, достигаемая за счет переплетений, использование именно этой особенности в качестве главного художественно-выразительного средства, делает материал независимым от параметров цвета и ярко-выраженного рисунка. Это позволяет производить менее дорогостоящий продукт, с использованием минимального количества цветных нитей.

В проектировании рельефного жаккарда дополнительной сложностью является визуализация объема ткани в рамках плоскостного изображения. Основная масса существующей тематической литературы сконцентрирована в большей степени на конечном результате, получаемом в ткани, а система создания цифрового изображения рассматривается как переходный этап от идеи до реализации, исключительно как инструмент для выполнения технических задач. Однако современное компьютерное проектирование позволяет выполнять ряд визуальных задач, направленных на прогнозирование результата, близкого к фактическому и на создание общей стилевой, художественной концепции. Принцип визуального объема в цифровом эскизе ткани остается неисследованной областью и практически не применяется в производстве текстиля. Если обратиться к истории, можно найти образцы структурного подхода к созданию текстильного эскиза для ткачества. В справочнике 1914 года, написанном Аверинцевым И.В. прослеживается четко выстроенная система подготовки рисунка для использования на производстве. Эскиз разрабатывался в тенях и красках, то есть на каждом элементе композиции выполнялась теневая проработка, обозначающая визуальный объем рисунка. Более того, происходило заполнение различной графикой каждой из форм в соответствии с выбранным переплетением. С течением времени подобная практика постепенно исчезала, и на современных производствах не используется. На смену ручным эскизам пришли цифровые, что безусловно облегчило работу с технической



стороны, но вместе с тем привело к схематическому, упрощенному рисованию ткацкого образца.

Одна из задач исследования заключалась в поиске универсального принципа эскизирования и прототипирования, совмещающего в себе современные технологии и традиционные способы построения ткацкого рисунка. Главенствующим приемом, используемым для создания эскизов коллекции, было применение эффекта падающей тени (от узора). Этот простой способ изображения рельефного материала, вместе с цифровой визуализацией ткани на предметах интерьера (mockup), может свободно применяться в современном дизайн-проектировании жаккардовых тканей, что позволит минимальными средствами создать визуальный объем эскиза, который в дальнейшем будет выполнен в переплетениях. Выполнялась следующая последовательность проектирования:

- Сбор фотоматериала различных поверхностей и фактур природных элементов. Обработка фотоизображений в Adobe Photoshop и Adobe Illustrator: выделение определенных цветовых участков фото, отделение от фона и заливка полученного изображения контрастным к фону цветом.

- Создание ручных эскизов на основе полученных структурных элементов

- Использование инструментов тиснения Bevel and Emboss для рельефного восприятия изображения в Adobe Photoshop

Инструмент позволяет настраивать высоту и глубину рельефа, менять угол освещения, смягчать и увеличивать резкость контура, выделять рельефом контуры или объекты внутри контура. Светотеневая моделировка рельефа автоматическим способом.

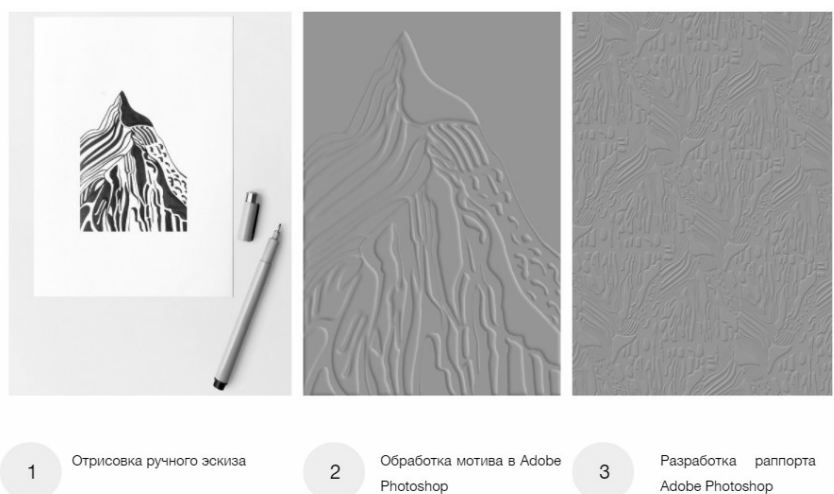


Рис.1. Этапы создания рельефного цифрового эскиза

- Поиск способов оперативного нанесения рельефного изображения на ткань при помощи печати.

В ходе исследования была разработана новая методика прототипирования с помощью технологии ручной трафаретной печати. Изготовление трафарета для печати текстурированным составом происходило в типографии. Техническое задание: файл в векторном формате, цвета без ограничений. Стоимость печати на самоклеющемся полипропилене и лазерной резки деталей 314р, тираж от одного образца. Были подготовлены файлы на основе созданной коллекции, размером 20x25 см, в которых белым цветом обозначен фон, а черным объекты для резки. Далее выполнялось извлечение деталей рисунка, обработанных лазерной резкой. После трафарет приклеивается к ткани, для плотного прилегания к поверхности. Сверху наносится текстурная паста «Сонет», с содержанием песка, предназначенная для формирования объемного покрытия на любой поверхности. Данная текстурная паста удобна в применении, поскольку имеет густую консистенцию, благодаря чему не затекает под трафарет. После высыхания образует прочный, зернистый, матовый, несмываемый водой рельеф. Высохшую поверхность можно окрашивать акриловыми,

темперными, гуашевыми красками. Прототипы, выполненные в данной технике, соответствовали ранее изготовленным цифровым эскизам, с минимальными потерями, связанными с размерами линий и деталей рисунка.

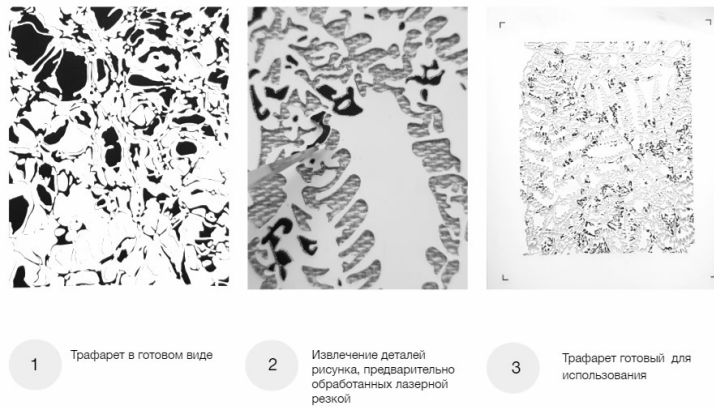


Рис.2. Процесс работы с трафаретом

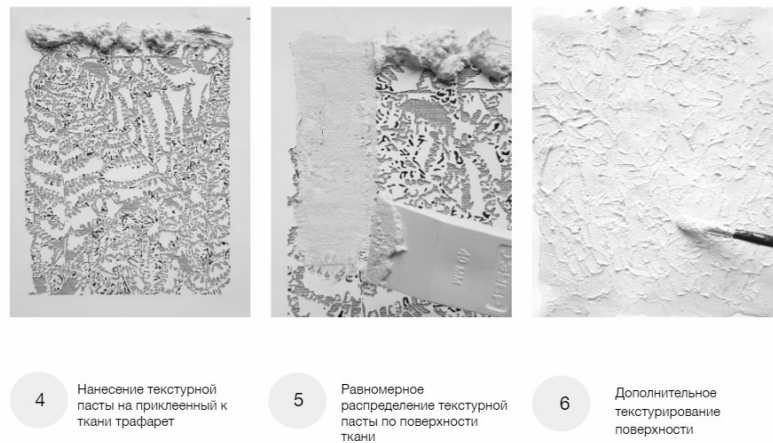


Рис.3. Создание рельефного прототипа жаккардовой ткани

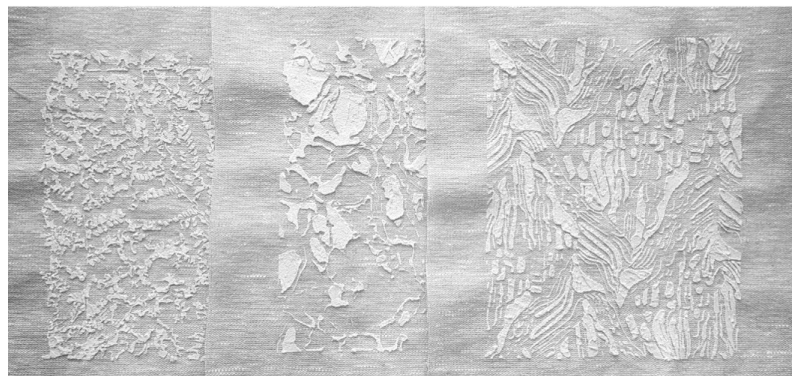


Рис.4. Прототипы тканей, выполненные в технике трафаретной печати



Рис. 5. Схема методологии процесса проектирования жаккарда

Актуальность выбранного направления подтверждается примерами из мировых аналогов. Такие дизайнеры как Floorvandoremalen, Lucy Simpson, Tiffani Loy, компания Vuborre и многие другие демонстрируют варианты различных экспериментов со структурой тканых материалов. Также образцы рельефных поверхностей, созданные дизайнерами из разных стран на протяжении последних нескольких лет, являются одними из самых востребованных на одной из главных текстильных выставок Heimtextil во Франкфурте. В последнее время наблюдается развитие тенденции использования тканевых или бумажных образцов с нанесенным поверх текстурным материалом, но методики реализации подобных прототипов на данный момент не существует, так как процесс создания является уникальным для каждой студии или дизайнера. Рельефный, структурный рисунок становится отдельным направлением в дизайне поверхности и находит применение в текстиле, обоейной продукции и упаковке.

Заключительной частью исследования стала апробация предложенных методов художественного проектирования и прототипирования, проведенная с положительным результатом на фабрике «ООО Павлово-посадский шелк». Процесс подготовки файла для производства происходил под руководством художников-дессинаторов фабрики. Для реализации проекта было выбрано 3 эскиза, размер раппорта 20x25см и 26x30см. Раскладка переплетений на рисунок выполнялась в Adobe Photoshop, а после в EAT CAD/CAM. Произведенные на фабрике ткани коллекции, со всеми необходимыми техническими данными, включены в общую базу под номерами 6462,6463,6464, с артикулами 1072, 1073,1074 для возможности воспроизводства образцов в тираже.

#### ЛИТЕРАТУРА

- 1.Жулёва, В. В. Разработка принципов художественного проектирования тканей на основе баз данных вербального и цифрового описания рисунков: дисс.кандидата технических наук– М., 2000. - с.192.
- 2.Кочнева А.С., Панкина М.В. Эволюция тактильности в дизайне: историко-культурологический анализ – Екатеринбург, 2019–с.12
- 3.Мальгунова Н.А. Метод адаптивных переплетений в дизайне жаккардовых тканей как результат применения информационных технологий. XII Санкт-Петербургская межд. конференция Региональная Информатика «РИ-2010» – СПб. 2010– с. 326-327.
4. Маркова И.В. Инновационные технологии и тенденции в дизайне тканей для интерьера Science and Education a New Dimension. Humanities and Social Sciences, III(7) – Харьков,2015 – с.5.

- 5.Преснецова Н.А. Разработка методов создания тканых рисунков с эффектом объемного визуального восприятия: дисс. на соискание ученой степени кандидата технических наук–Спб.,2018–с.203
- 6.Bell. T.F. Jacquard weaving and designing–London., 2016 – p.339
- 7.Hylio J.Digital jacquard design–London, 2013–p.248
- 8.Kazlacheva.Z. The use of CAD/CAM for textiles designs and, Trakia University – Stara Zagora, 2016.– p.5.
9. Popyrev.I. Project Jacquard: Interactive Digital Textiles at Scale – San Jose, 2016– p.12.
10. Zhou.J. Innovative Principle and Method for Digital Jacquard Fabric Design – Hong Kong, 2013.– p.17.
- 11.Jacquard by Google.[Электронный ресурс]: - URL: <https://atap.google.com/jacquard/>(дата обращения 22.09.2020)
- 12.Floorvandoremalen.[Электронный ресурс]: - URL: <http://floorvandoremalen.com/>(дата обращения 16.10.2020)
13. 3D for Natuzzi - Byborre[Электронный ресурс]: - URL: <https://byborre.homerun.co/>(дата обращения 27.01.2021)

## КАТАЛИТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЛИМЕРНЫХ ПЛЁНОЧНЫХ КОМПОЗИТОВ, НАПОЛНЕННЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИМИ ЧАСТИЦАМИ

### CATALYTIC PROPERTIES OF POLYMER FILM COMPOSITES FILLED WITH METAL PARTICLES

В.В. Марценюк, А.А. Лысенко  
V.V. Martsenyuk, A.A. Lysenko

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна  
Saint-Petersburg State University of Industrial Technologies and Design  
E-mail: vadim.martsenyuk8@gmail.com, thvikm@yandex.ru

Металлические частицы железа и никеля были получены путём термоллиза их оксалатов. Металл-оксидные частицы магнетита синтезированы методом осаждения аммиачной водой сульфатов железа. Методом сканирующей электронной микроскопии определена морфология частиц. Изготовлены полимерные плёночные композиты методом полива. Степень наполнения полимерных плёночных композитов составляет от 2,5 до 50 масс. %. По разложению озона оценили каталитическую активность полимерных плёночных композитов.

Ключевые слова: металлические частицы; металл-оксидные частицы, магнетит; полимерные композиты; плёночные композиты; каталитическая активность; разложение озона.

Metal particles of iron and nickel were obtained by thermolysis of their oxalates. Metal-oxide particles of magnetite were synthesized by precipitation of iron sulfates with ammonia water. The particle morphology was determined by scanning electron microscopy. Polymer film composites are made by casting. The degree of filling of polymer film composites ranges from 2.5 to 50 wt. %. The decomposition of ozone was used to estimate the catalytic activity of polymer film composites.

Keywords: metal particles; metal-oxide particles, magnetite; polymer composites; film composites; catalytic activity; decomposition of ozone.

Озон широко применяется в качестве экологически чистого окислителя, однако в ходе эксплуатации систем воздухоочистки возникает проблема его разложения в выбросах. Нейтрализация озона является необходимой ступенью процесса озонирования, так как он считается газом токсического действия (первый класс опасности), имеющим низкий предел допустимых концентраций (ПДК). В России среднесуточная ПДК озона с 2003 года по настоящее время увеличилась, то есть смягчились требования к очистке воздуха от озона. Среднесуточную норму ПДК изменили с 0,03 мг/м<sup>3</sup> (для 2003 [1] и 2017 годов [2]) до 0,1 мг/м<sup>3</sup> [3].

Для решения данной проблемы применяются различные методы разложения озона. Установки термического разложения представляют собой камеры из нержавеющей стали, где разложение озона происходит при температурах от 330 до 350 °С [4]. Каталитическое разложение основано на действии катализатора, позволяющем значительно снизить температуру распада озона вплоть до 20-25 °С [5], но обычно температура составляет около 60-110 °С, чтобы сократить влияние влажности нейтрализуемой газовой смеси. В настоящее время для разложения озона в очистных сооружениях типа ГРОК (газоразрядный очистной комплекс) используется катализатор нанесенного типа КНК, в состав которого входит платина концентрацией 0,015 масс. % на носителе гоптальюм марки ГТТ [6].

В связи с этим актуальным является применение дешевых и доступных материалов в качестве носителей катализаторов, например, полимеров. На их основе можно изготовить волокнистые, плёночные и композиционные материалы. Интерес к последним обусловлен тем, что получаемые полимерные композиты обладают новыми и уникальными свойствами. Например, благодаря внедрению частиц наполнителя можно придать плёночным композитам

каталитические свойства [7]. Также является перспективным использование в качестве наполнителей наноразмерных каталитически активных частиц, потому что, как известно, каталитическая активность (реакционная способность) увеличивается при уменьшении эффективного размера частиц [8].

В связи с вышесказанным, целью данной работы являлось получение и исследование каталитических свойств полимерных плёночных композитов с металлическими частицами.

Полимерные плёночные композиты получены из полиакрилонитрила (ПАН), путём их наполнения частицами железа (Fe), никеля (Ni) и магнетита ( $Fe_3O_4$ ) [9]. Формование плёнок проводили методом полива раствора ПАН в диметилформамиде на стеклянные подложки. Предварительно металлические и металл-оксидные частицы вводили в растворитель и диспергировали их при помощи ультразвукового гомогенизатора, после чего в суспензию вносили ПАН и проводили его растворение. Испарение растворителя (сушка плёнок) происходило при комнатной температуре в течение 50 часов. Из полученных полимерных плёночных композитов вырезали образцы необходимых размеров и исследовали их каталитические свойства по изменению концентрации озона в реакторе.

Получение частиц железа и никеля проводили термическим разложением их оксалатов:  $FeC_2O_4 \cdot 9H_2O$  и  $NiC_2O_4 \cdot 9H_2O$  соответственно [10]. Термообработку осуществляли в кварцевой трубке в среде азота при 500 °С в течение 10 минут с момента достижения заданной температуры и скорости нагрева 25 °С/мин.

Магнетит синтезировали химическим осаждением водным раствором аммиака из раствора сульфатов железа II и III в мольном соотношении 1:2. Настоящая модифицированная методика основана на данных работы [11] и отличается использованием сульфатов железа, вместо хлоридов. Частицы магнетита, полученные под действием ультразвука хорошо диспергируются в жидких средах с образованием устойчивых суспензий.

После получения всех видов дисперсий их подвергали механическому размолу. Морфологию полученных металлических и металл-оксидных частиц исследовали методом сканирующей электронной микроскопии на микроскопе фирмы JEOL марки JSM 6390 [12].

Электронная микроскопия показала, что размеры частиц железа лежат в диапазоне от 2 до 10 мкм (рис. 1а). Также видно, что частицы железа представляют собой довольно крупные агломераты, которые при должной механической обработке можно разделить на более мелкие частицы (рис. 1б).

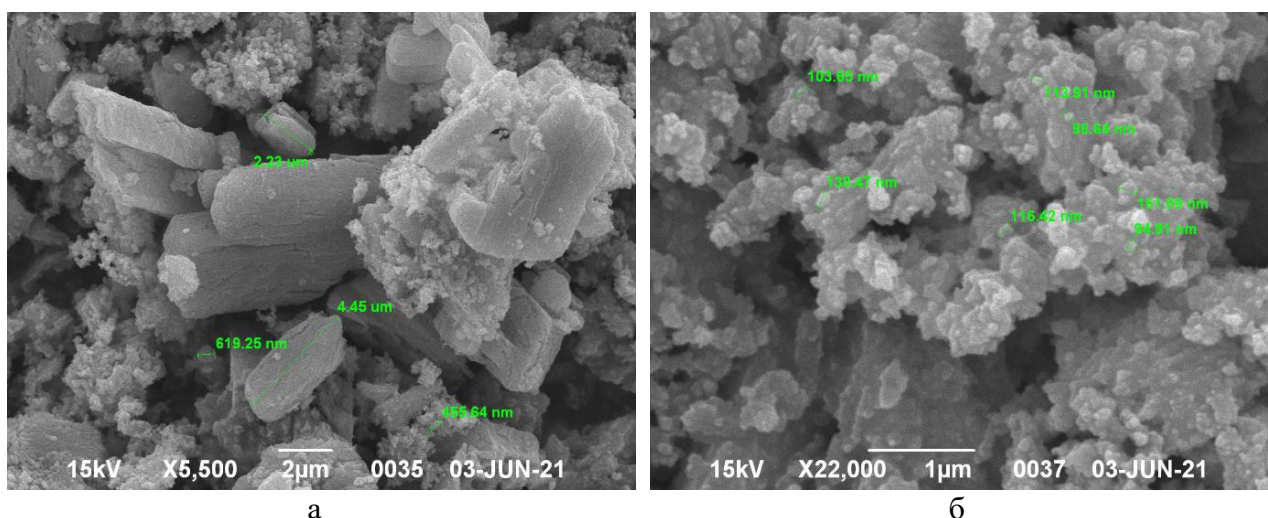


Рис. 1. Фотографии со сканирующего электронного микроскопа частиц железа при увеличении в 5500 раз (а) и 22000 раз (б)

Частицы никеля (рис. 2) имеют наименьший размер среди всех полученных дисперсий. Среди них также не наблюдается крупных частиц, присущих магнетиту (рис. 3) и железу (рис. 1). Размеры частиц никеля лежат в диапазоне от 60 нм до 4 мкм.



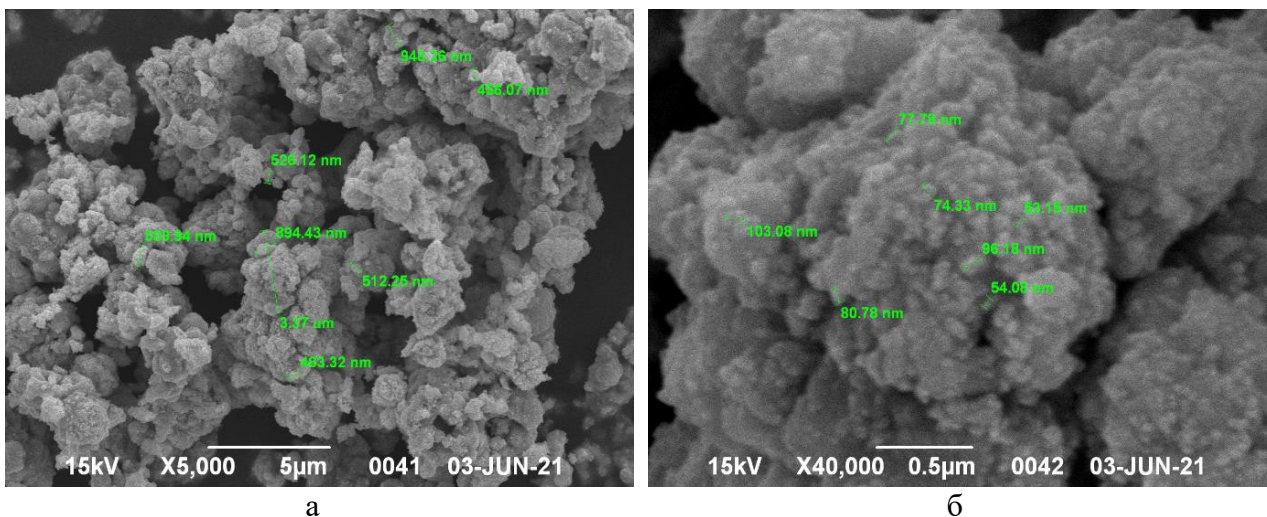


Рис. 2. Фотографии со сканирующего электронного микроскопа частиц никеля при увеличении в 5000 раз (а) и 40000 раз (б)

Частицы магнетита имеют размер от 10 до 50 мкм. Это отчётливо видно на рис. 3а. Крупные кристаллы магнетита на своей поверхности содержат более мелкие частицы, средний размер которых составляет от 80 до 160 нм (рис. 3б).

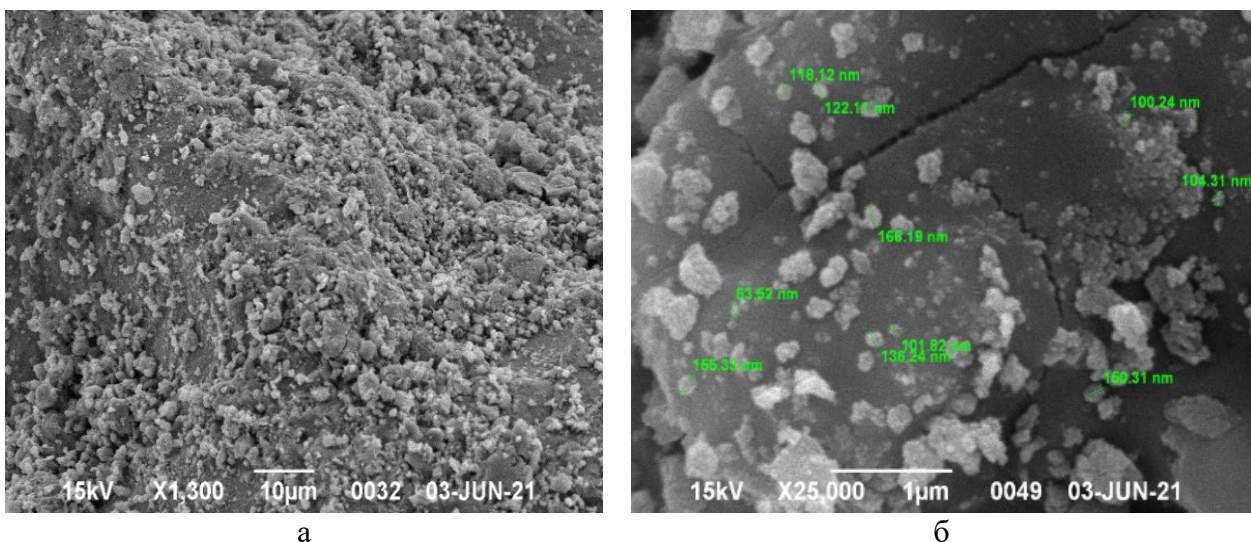


Рис. 3. Фотографии со сканирующего электронного микроскопа частиц магнетита при увеличении в 1300 раз (а) и 25000 раз (б)

При исследовании каталитической активности полимерных плёночных композитов с различным содержанием металлических и металл-оксидных частиц (от 2,5 до 50 масс. %) установлено, что наибольшей каталитической активностью к разложению озона обладают композиты с магнетитом (рис. 4). Причем с увеличением концентрации частиц магнетита каталитическая активность возрастает и даже при наполнении 50 масс. % не выходит на плато. Резкое возрастание каталитической активности при степенях наполнения от 5 до 10 масс. % можно объяснить увеличением количества частиц, находящихся на поверхности плёнок. Поэтому, для большей каталитической активности полимерные плёночные композиты можно изготавливать не методом полива раствора на подложку, а методом опудривания частицами магнетита предварительно подсушенных полимерных плёнок.

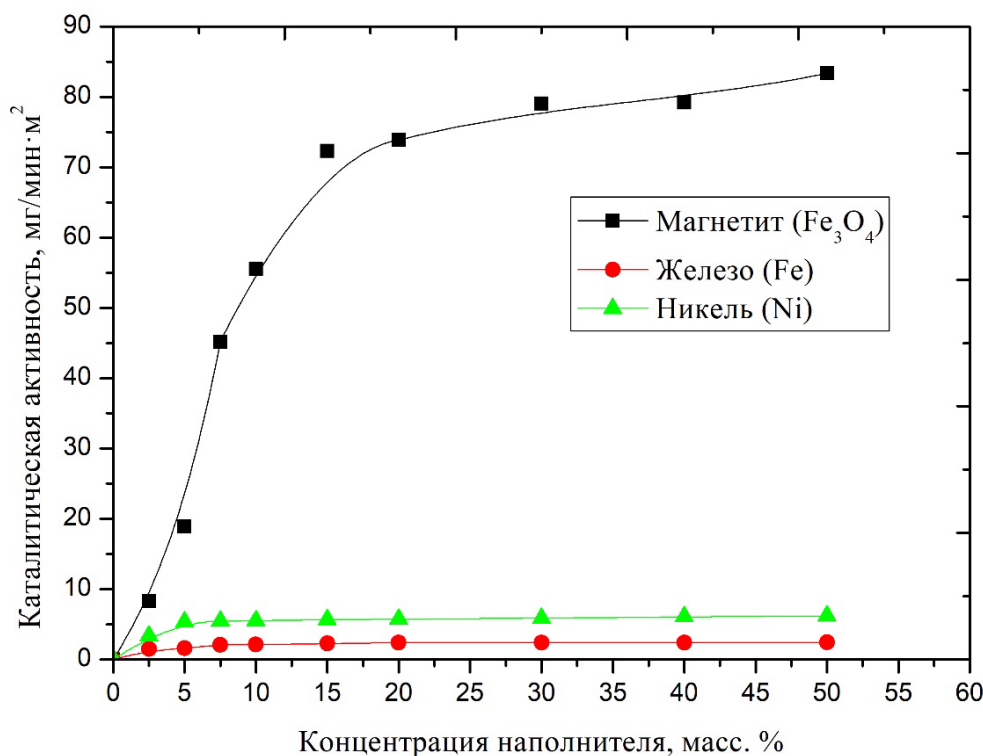


Рис. 4. Зависимость каталитической активности по разложению озона от концентрации частиц в полимерных плёночных композитах на основе ПАН

Для полимерных плёночных композитов, содержащих частицы никеля и железа, каталитическая активность была исчезающе мала. Так, при концентрации частиц в материале 5 масс. % каталитическая активность для названных наполнителей составляла 5,4 и 1,6 мг/мин·м² соответственно, и в дальнейшем при повышении содержания этих частиц в полимерных плёночных композитах не возрастала. При максимальной степени наполнения 50 масс. % каталитическая активность для частиц никеля и железа составила 6,2 и 2,5 мг/мин·м² соответственно.

Полученные данные целесообразно сравнить с промышленно-выпускаемыми катализаторами, например, катализатором фирмы ООО НВФ «ТИМИС» (Россия, Москва) гопаляом марки ГТТ, предназначенный для разложения озона и имеющий каталитическую активность 1 кг/ч·м² или 166 мг/мин·м² [13]. Таким образом разработанные полимерные плёночные композиты на основе ПАН и содержащие 50 масс. % магнетита хотя и имеют в два раза меньшую каталитическую активность в процессах разложения озона, однако могут быть использованы в силу того, что они могут быть установлены в аппаратах разложения озона особым образом.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Гигиенические нормативы 2.1.6.1338-03. Предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест. Утверждено 21.05.2003; дата введения: 25.06.2003;
2. Гигиенические нормативы 2.1.6.3492-17. Предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений. Утверждено 22.12.2017; дата введения: 22.12.2017;
3. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. Утверждено 28.01.2021; дата введения: 28.01.2021;
4. Тимофеев В.В. Кинетика термического разложения озона, растворенного в суб- и сверхкритическом диоксиде углерода / В.В. Тимофеев, Д.А. Леменовский, Ю.Н. Житнев, В.В.



- Лунин, М.В. Авдеев, В.К. Попов, В.Н. Баграташвили // Журнал физической химии. – 2003. – Т. 77. – № 8. – С. 1445-1450;
5. Ткаченко С.Н. Исследование катализатора на основе оксидов неблагородных переходных металлов для разложения озона и окисления токсичных органических соединений / С.Н. Ткаченко, Е.З. Голосман, В.В. Лунин, И.В. Козлова, Г.В. Егорова, Е.А. Боевская, И.С. Ткаченко, А.И. Нечуговский, М.П. Ярошенко // Журнал прикладной химии. – 2007. – Т. 80. – № 8. – С. 1314-1321;
6. Катализатор разложения озона гопаляом марки ГТТ. ТУ-113 03-00209510-107-2005 [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL <http://timis.ru/production/catalyst/> (дата обращения: 10.09.2021);
7. Трахтенберг Л.И. Нанокпозиционные металлполимерные плёнки: сенсорные, каталитические и электрофизические свойства / Л.И. Трахтенберг, Г.Н. Герасимов, В.К. Потапов, Т.Н. Ростовщикова, В.В. Смирнов, В.Ю. Зуфман // Вестник Московского университета. Серия 2. Химия. – 2001. – Т. 42. – № 5. – С. 325-331;
8. Бернер М.К. Наночастицы энергетических материалов: способы получения и свойства (обзор) / М.К. Бернер, В.Е. Зарко, М.Б. Талавар // Физика горения и взрыва. – 2013. – Т. 49. – № 6. – С. 3-30;
9. Кулик И.А. Термолиз оксалатов металлов для получения наночастиц и их внедрение в полимерные материалы / И.А. Кулик, В.В. Марценюк // Инновации молодежной науки: тез. докл. всерос. науч. конф. молодых ученых / С.-Петербург. гос. ун-т промышленных технологий и дизайна. – СПб.: ФГБОУ ВО «СПбГУПТД», 2021. – С. 147-148;
10. Пивоваров Д.А. Получение порошков металлов и их оксидов термическим разложением оксалатов Cu, Ni, Co / Д.А. Пивоваров, Ю.Ю. Голубчикова, А.П. Ильин // Известия Томского политехнического университета. – 2012. – Т. 321. – №3. – С. 11-15;
11. Гервальд А.Ю. Синтез суперпарамагнитных наночастиц магнетита / А.Ю. Гервальд, Н.И. Прокопов, Ю.М. Ширякина // Вестник Московского государственного университета тонких химических технологий. – 2010. – Т. 5. – №3. – С. 45-49;
12. Шиммель Г. Методика электронной микроскопии. – М.: Мир, 1972. – 325 с.;
13. Пат. 2411984 Российская Федерация, МПК В01D 53/66; В01J 23/34; В01J 23/72; В01J 20/30 Способ получения материала для разложения озона и материал / И.С. Ткаченко, Е.З. Голосман, С.Н. Ткаченко, С.Г. Киреев, В.В. Лунин; заявитель и патентообладатель ООО «Научно-технический центр ТИМИС». – 2009106691/15; заявл. 26.02.2009; опубл. 20.02.2011.

## РАСШИРЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ ЛЬНОСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ОДЕЖДЫ

### EXPANDING THE POSSIBILITIES OF USING FLAX-CONTAINING MATERIALS IN THE MANUFACTURE OF CLOTHING

Д.В. Борзова, Е.А. Банакова, А.В. Корнилович  
D.V. Borzova, E.A. Banakova, A.V. Kornilovich

Ивановский государственный политехнический университет  
Ivanovo State Polytechnic University  
E-mail: Daria.Vladislavovna2015@yandex.ru,  
katti.reglan@mail.ru, ankorn-kshi@mail.ru

В статье рассмотрены подходы к расширению ассортимента швейных изделий из льносодержащих материалов. Предложены утепленные модели для подростков из тканей с мембранным покрытием и цифровой печатью.

**Ключевые слова:** полульняная ткань, импортозамещение, инновация, цифровая печать, экологичность.

**The article discusses approaches to expanding the range of sewing products made of flax-containing materials. Insulated models for teenagers made of membrane-coated fabrics and digital printing are offered.**

**Key words:** semi-linen fabric, import substitution, innovation, digital printing, environmental friendliness.

Актуальность проекта обусловлена необходимостью продвижения на рынок текстиля из отечественного сырья и развития локальных брендов в индустрии моды. Мировая практика показывает, что лидирующие позиции на рынке завоевывают компании, компетентные в области передовых производственных технологий и материалов и следующие целям устойчивого развития, принятым ООН [1,2].

Исходя из этого, целью проекта является разработка из экспериментальной отечественной льносодержащей ткани промышленной коллекции одежды перспективного сегмента сити-аутдор [3], содержащей новые конструкторско-технологические решения и соответствующей модным трендам и целям в области устойчивого развития и потребления.

Объектами исследования являются:

1. Новая льносодержащая ткань – экспериментальная разработка ООО «ТДЛ Текстиль» (Иваново) [4].
2. Мембраны: технологии получения и свойства [5].
3. Тренды развития моды [6].
4. Цели в области устойчивого развития ООН (ЦУР) [1,2].

В ходе реализации проекта изучены свойства, а также технология нанесения мембран на текстильный материал, применяемая на базе компании-партнера ИВГПУ – ООО «Меркурий» [5]. Выявлено, что мембранные ткани условно подразделяются на 2 категории:

- полимерные мембраны с порами, в которые попадают только молекулы испарений;
- полимерные мембраны без пор, имеющие сложную структуру, напоминающую губку, которая впитывает влагу, наполняется, а затем выводит конденсат наружу за счет разницы давления.

В обоих случаях при нанесении мембраны на ткань получается непромокаемый, многослойный материал, способный отводить пары влаги от тела человека без пропуска влаги внутрь. Авторы полагают, что данный эффект может быть положен в основу технологии изготовления влагозащитной одежды изо льна в набирающем популярность ассортиментном сегменте сити-аутдор для молодежи в возрасте 16-20 лет.

Данный сегмент выбран на основе анализа торговых предложений ряда ивановских швейных компаний и маркетплейса WildBerries. Выявлено, что на сегодняшний день льносодержащие ткани используются преимущественно в производстве столового и постельного белья, облегченной летней одежды, различных аксессуаров (платки, головные уборы, сумки и т.п.), т.е. рынок демонстрирует ограниченное, сугубо традиционное использование льна в производстве швейных изделий. Налицо необходимость расширения возможностей применения льносодержащих материалов при изготовлении одежды и обеспечения прибыльности предприятий-участников производственной цепочки.

Важным фактором обеспечения коммерческой эффективности при этом является соответствие выпускаемой продукции модным трендам и теме влияния моды на окружающую среду. Выводы экспертов показывают, люди устали от синтетики и изделий из масс-маркета «до первой стирки», поэтому готовы приобретать качественную одежду из натуральных материалов. С учетом экспертных заключений платформы WGSN [6] и ЦУР ООН [1,2] разработана коллекция молодежной одежды для прохладной погоды «Пятый элемент» из новой льносодержащей ткани ООО «ТДЛ Текстиль» (рис. 1).



Рис. 1. Представление коллекции моделей «Пятый элемент» на Международной выставке CJF

В этом проекте "дышащие" технологии совершили очередной прорыв. Мембраны ивановской компании «Меркурий», не снижая уникальные антисептические способности льна, его устойчивость к загрязнениям, способность не накапливать статическое электричество и не вызывать аллергию, усиливают влаго- и теплозащитные свойства одежды, позволяют изделиям долго служить, не подвергаясь истиранию. Ткань является экспериментальной разработкой компании «ТДЛ Текстиль». Её особенности заключаются в водостойкости, паропроницаемости и приемлемой цене для потребителя.

Модные тенденции будущих сезонов отражены в объёмной форме изделий, асимметрии, простёжке и принтах, нанесённых способом прямой цифровой печати.

Таким образом, на примере разработанной коллекции подобная одежда из льна в сегменте сити-аутдор для молодежи в возрасте 16-20 лет является слабо заполненным, нишевым, при этом относительно недорогим для потребителя и коммерчески привлекательным для производителей сегментом. Соответствие Целям устойчивого развития и рационального потребления заключается в изменении модели потребления и производства в сторону охраны здоровья человека и повышения эффективности использования возобновляемых ресурсов.

В плане продвижения данной разработки коллекция в сентябре 2021 г. была представлена на Международной выставке CJF, в декабре будет представлена на

Всероссийском фестивале «МОДА 4.0». Разработанные модели одежды из инновационных материалов экспонируются в демо-зоне Центра компетенций текстильной и легкой промышленности ИВГПУ, куда регулярно приглашаются поставщики и производители, которые в перспективе могут стать идеальными бизнес-партнерами.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Цели устойчивого развития ООН и России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ac.gov.ru/archive/files/publication/a/14685.pdf> – дата обращения: 12.09.2021
2. Добровольный национальный обзор достижения целей устойчивого развития [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ac.gov.ru/projects/project/dobrovolnyj-nacionalnyj-obzor-dostizhenia-celej-ustojcivogo-razvitiia-10> – дата обращения: 12.09.2021
3. Модное снаряжение: аутдор-одежда [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.wonderzine.com/wonderzine/style/style/239231-outdoor> – дата обращения: 12.09.2021
4. Федеральная производственная компания «ТДЛ ТЕКСТИЛЬ» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.tdl-textile.ru/> – дата обращения: 12.09.2021
5. Мембранные ткани MERCURY-TEX [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.mercurytex.ru/%D0%BC%D0%B5%D0%BC%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%BD%D1%8B> – дата обращения: 12.09.2021
6. Прогнозирование модных тенденций [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.wgsn.com/ru/products/fashion/> – дата обращения: 12.08.2021

## РАЗРАБОТКА КЛАССИФИКАЦИИ ДЕФЕКТОВ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

### DEVELOPMENT OF DEFECT CLASSIFICATION TEXTILE MATERIALS

Д.А. Мирошниченко, М.С. Лобанова, Т.Ю. Карева  
D.A. Miroshnichenko, M.S. Lobanova, T.Yu. Kareva

Ивановский государственный политехнический университет  
Ivanovo State Polytechnic University  
E-mail: pti@ivgpu.com, marina1999711@gmail.com, ktju@bk.ru

**В статье рассмотрена классификация дефектов текстильных материалов, положенная в основу работы программно-аппаратного комплекса на базе системы компьютерного зрения с применением нейросетевых технологий позволяющего выполнять обнаружение и распознавание дефектов на текстильных полотнах. Представлены дополнительно введенные термины дефектов, не описанные в государственном стандарте.**

**Ключевые слова:** классификация дефектов, нейросетевые технологии, контроль качества, программно-аппаратный комплекс.

**The article discusses the developed classification of defects in textile materials, which is the basis for the operation of a software and hardware complex based on a computer vision system using neural network technologies, which allows detecting and recognizing defects on textile fabrics. Additional introduced defect terms that are not described in the state standard are presented.**

**Keywords:** classification of defects, neural network technologies, quality control, software and hardware complex.

В настоящее время актуальным является не только автоматизация производственных процессов получения текстильных материалов, но также и контроль качества продукции посредством систем технического зрения. На фабриках, занимающихся выпуском текстильной продукции, наименее компьютеризированным этапом технологической цепочки остается определение сортности и выявление дефектов текстильных материалов. В основном здесь используется ручной труд, где заняты десятки человек и тратится огромное количество рабочего времени [1]. Одним из возможных вариантов оптимизации этого процесса является использование современных IT-технологий в области программно-аппаратных средств вычислительной техники и средств машинного зрения [2].

Коллективом авторов решается задача по разработке методики и модели мультизадачного обучения нейросети, а также ее дальнейшая реализация путем создания программно-аппаратного комплекса (ПАК) для обнаружения и распознавания дефектов на движущихся рулонных материалах большой ширины с различным видом оформления поверхностей. ПАК обеспечивает контроль качества продукции в режиме реального времени и формирует компьютерный файл с информацией о просмотренном рулоне ткани – данные о виде выявленных дефектов, их местоположении и размере, а также бальной оценке, как каждого обнаруженного дефекта, так и всего полотна, в соответствии с действующим государственным стандартом по расчету сортности текстильных материалов.

Как известно для обучения нейросети требуется формирование полного набора данных (обучающей выборки). В нашем случае он реализован в виде базы фотографий образцов текстильных полотен с дефектами и их общепринятыми названиями, и описанием [3]. Для фотосъемки образцов сконструирован лабораторный стенд, включающий линейную видеокамеру и специализированное освещение. На рис. 1 представлен полученный на стенде снимок образца тканного полотна с дефектом «слет».



Рис.1. Фотоснимок дефекта текстильного материала

Для определения правильных названий и описания дефектов текстильных материалов за основу взят ГОСТ № 25506-82 («Полотна текстильные. Термины и определения пороков.») [4], в котором представлены основные термины и определения дефектов. Разрабатываемый программно-аппаратный комплекс нацелен на поиск дефектов на тканых полотнах поэтому из государственного стандарта взято описание всех дефектов, образующихся только на тканях и дефектов, появление которых не зависит от вида текстильного материала.

При сборе образцов тканей с дефектами, полученных от разных производителей текстильных материалов Ивановского региона, а также при изучении литературных источников [5-9], были выявлены термины некоторых дефектов, не входящие в ГОСТ [4], названия и определения которых представлены в таблице 1. В дополнение к дефектам, представленным в государственном стандарте, в разрабатываемую базу были введены термины, описанные в литературных источниках.

Таблица 1.

Перечень дефектов текстильных материалов, не описанных ГОСТом № 25506-82

Название дефекта	Описание
Слет	Сход уточной нити с бобины пакетиком из нескольких витков и в таком виде заработанной в ткань
Засечки	Непропечатанные места из-за имеющихся на материале складок и заминов.
Щелчок (оборот)	Пятна, образующиеся при попадании под ракло печатной машины ниточки, пушинки или соринки, в результате чего краска не счищается с печатного вала
Затек воды	Растекшиеся пятна различной величины с ореолом из-за попадания на ткань воды
Переширили полотно	Результат сильной вытяжки при отделке или плохого выполнения операции ширения
Масло	Загрязнение материала маслом
Надписи	Следы от подписывания и маркировки материала

Продолжение таблицы 1.

Загнутая кромка	Сгиб полотна по кромке
Шов	Место соединения двух разных кусков материала
Стык полотен разной ширины	Место соединения двух разных кусков материала разной ширины
Надир	Последовательный ряд из нескольких дыр небольшого размера
Недолет	Отсутствие части уточной нити у одной из кромок

Разрабатываемая система по распознаванию дефектов на движущихся рулонных материалах предполагает не только обнаружение дефекта ткани, но и определение его названия и вида технологического процесса, на котором он может возникать. Для этого создана классификация дефектов тканых материалов, которая объединяет в себе все термины, используемые в различных источниках, и определяет группы производственных процессов изготовления тканых полотен, на которых эти дефекты могли бы возникнуть. Каждому технологическому процессу, группе и дефекту присвоена уникальная маркировка, позволяющая быстро классифицировать вид дефекта. В разработанной классификации заложены три вида производственных процессов (ткачество; отделка, без процесса печати и печать), отдельно вынесены дефекты, возникающие из-за некачественно подготовленного сырья и дефекты появления которых может происходить на любом этапе изготовления материала. Каждой группе дефектов присвоена маркировка в виде букв:

- дефекты сырья – маркируются буквой С;
- дефекты отделочного процесса – маркируются буквой О;
- дефекты ткацкого процесса – маркируются буквой Т;
- дефекты печатного процесса – маркируются буквой П;
- дефекты, возникающие при любом процессе – маркируются буквой В.

В группах предусмотрено деление на подгруппы, что обеспечивает быстрый поиск необходимой информации о дефекте и разделения их по отдельным признакам. Для дефектов сырья предусмотрено разветвление на три подгруппы, каждой из которых присвоен свой номер:

- дефекты наличия примесей С.1;
- дефекты неровноты нитей С.2;
- дефекты отличающихся нитей С.3.

По такому же принципу сформированы подгруппы для отделочного и ткацкого процессов:

- изменение размеров материала О.1;
- изменение структуры материала О.2;
- изменение внешнего вида материала О.3;
- пропущенные или сдвоенные нити Т.1;
- нарушение структуры материала Т.2;
- нарушение плотности материала Т.3.

Дефекты печатного процесса разделены только на две группы:

- нарушение структуры рисунка П.1;
- загрязнение материала П.2.

Для дефектов, появление которых может происходить на любом этапе технологического процесса разделение на подгруппы не предусмотрено.

В каждой подгруппе приведен соответствующий ей перечень дефектов. Таким образом классификация состоит из пяти укрупнённых групп, которые разделены по отдельным признакам на подгруппы с перечнем видов дефектов. Общий вид разработанной классификации представлен на рис 2.

Дефекты сырья – маркируются буквой С		
Дефекты наличия примесей С.1	Дефекты неровноты нитей С.2	Дефекты отличающихся нитей С.3
С.1.1 Шипковатость	С.2.1 Узлы	С.3.1 Цветные нити
С.1.2 Засоренность	С.2.2 Слет	С.3.1.1 По утку
С.1.3 Мушковатость	С.2.3 Изменение толщины нити	С.3.1.2 По основе
	С.2.3.1 Утолщение нити	С.3.2 Масляные нити
	С.2.3.2 Утонение нити	С.3.3 Полиэфирные нити
	С.2.4 Зебрность	

Дефекты отделочного процесса – маркируются буквой О		
Изменение размеров материала О.1	Нарушение структуры материала О.2	Изменение внешнего вида материала О.3
О.1.1 Залом	О.2.1 Перекос	О.3.1 Опаленное место
О.1.2 Складка	О.2.2 Прощипки	О.3.2 Муар
О.1.3 Переширили полотно	О.2.3 Висячие нити	О.3.3 След от игл
О.1.4 Сужение полотна	О.2.4 Загнутая кромка	

Дефекты ткацкого процесса – маркируются буквой Т		
Пропущенные или сдвоенные нити Т.1	Нарушение структуры материала Т.2	Нарушение плотности материала Т.3
Т.1.1 Близна	Т.2.1 Нарушение ткацкого переплетения	Т.3.1 Недосека
Т.1.2 Пролет	Т.2.2 Смещение нитей	Т.3.2 Забоина
Т.1.3 Двойная нить	Т.2.2.1 Рассечка	Т.3.3 Полоса другой линейной плотности
Т.1.3.1 Парочки (По основе)	Т.2.2.2 Редкое место	
Т.1.3.2 Затаски (По утку)	Т.2.3 Разрыв утка	
	Т.2.4 Подплетина	
	Т.2.5 Не подработанная кромка	
	Т.2.6 Недолет	

Дефекты печатного процесса – маркируются буквой П	
Нарушение структуры рисунка П.1	Загрязнение материала П.2
П.1.1 Штриф	П.2.1 Налетки
П.1.2 Растраф	П.2.2 Затек краски
П.1.3 Сбитый рисунок	П.2.3 Щелчок
П.1.3.1 Не пропечатанный рисунок	
П.1.3.2 Печатная полоса	
П.1.3.3 Засечка	
П.1.4 Останов красильного оборудования	
П.1.5 Стык шаблона	
П.1.6 Разнооттеночность	

Дефекты, возникающие на любом этапе производства – маркируются буквой В
В.1 Дыра
В.2 Масло
В.3 Затек воды
В.4 Пятна
В.5 Надписи (Штамп, карандаш)
В.6 Надир
В.7 Шов
В.8 Стык полотен разной ширины

Рис. 2 Классификация дефектов текстильных материалов

В представленной классификации есть ряд особенностей, адаптированных под работу программного комплекса. Так, например, дефект отличающиеся нити (С.3) был разделен на несколько подвидов, это: цветные нити (С.3.1); масляные нити (С.3.2); полиэфирные нити (С.3.3). Кроме того, для некоторых видов дефектов предусмотрено деление на системы нитей в которых может появляться изменения структуры материала: цветные нити по утку (С.3.1.1); цветные нити по основе (С.3.1.2); двойная нить по основе (Т.1.3.1); двойная нить по утку (Т.1.3.2). Некоторые виды дефектов объединены по схожим признакам и описанию: не пропечатанный рисунок (П.1.3.1); печатная полоса (П.1.3.2); засечка (П.1.3.3) объединены в обобщенное название дефектов – сбитый рисунок (П.1.3). Так же утолщение нити (С.2.3.1) и утонение нити (С.2.3.2) образовали обобщенное название – изменение толщины нити (С.2.3).

Таким образом в ходе проделанной работы была впервые проведена классификация дефектов тканей в зависимости от вида производства, на котором он может возникнуть: дефекты сырья (прядельной производство); дефекты ткацкого производства, дефекты отделочного процесса, дефекты печати, дефекты, возникающие при любом процессе, что позволяет оперативно реагировать на выявленный дефект, определяя причину и место его возникновения. В разработанную классификацию также вошли новые термины, не входящие в перечень ГОСТ №25506-82, что обеспечивает отражение всех возможных дефектов текстильных материалов, выявленных на сегодняшний день.



Исследование выполняется при финансовой поддержке РФФИ и Ивановской области в рамках научного проекта 20-47-370005 р\_а\_Ивановская область «Разработка методики и модели мультизадачного обучения нейросетей для распознавания дефектов ткани с различным видом оформления поверхности».

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ивановский В.А. Дистанционное обнаружение дефектов ткани / Известия вузов. Технология текстильной промышленности, 5(326), с. 124-126, 2010.
2. Silvestre-Blanes J., Albero-Albero T., Miralles I., Pérez-Llorens R., Moreno J. A public fabric database for defect detection methods and results. *Autex Research Journal*, 19 (4), 363-374, 2019.
3. Мирошниченко Д.А., Карева Т.Ю. Разработка базы дефектов внешнего вида тканых материалов для обучения нейронной сети // «Наука - Технологии - Производство»: матер. международн. науч.-технич. конф. СПб.: ФГБОУВО «СПбГУПТД», 2021. С. 44-45.
4. ГОСТ 25506-82. Полотна текстильные. Термины и определения пороков. – Введ. 1984-01-01. – Гос. Комитет СССР по стандартам, 1984. - 7с.
5. Золотова, С. В. Справочник по товароведению непродовольственных товаров. Т. 1: учеб. пособие для нач. проф. образования / С. В. Золотова, Е. Л. Пехташева, Е. Ю. Райкова и др. – М.: Издательский центр «Академия», 2010. - 448 с.
6. Калиева, О.М. Товароведение и экспертиза текстильных товаров [Электронный ресурс]: учеб. пособие / О. М. Калиева, Е. Г. Кащенко – Оренбург : Оренбургский государственный университет, 2012. - 193 с.
7. Сыцко, В.Е. Товароведение непродовольственных товаров: учебник \ В.Е. Сыцко и др.; под общ. ред. В.Е. Сыцко. - Минск: Вышэйшая школа, 2014.- 667с.: ил.
8. Дефекты текстильных тканей. Электронный ресурс:  
<https://textile-space.ru/catalog/clothes/defekti-tekstilnih-tkanei>
9. Принципы определения сортности тканей. Электронный ресурс:  
<https://znaytovar.ru/new3603>

## ЭКСПЕРТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ПОСТЕЛЬНОГО БЕЛЬЯ

### EXPERT STUDY OF BED LINEN QUALITY

А.М. Моманд, Д. Языкова, Е.Н. Власова  
A.M. Momand, D. Yazykova, E.N. Vlasova

Ивановский государственный политехнический университет  
Ivanovo state Polytechnic University

E-mail: ahmadmasoud0818@gmail.com; jemalyazykova@mail.ru; vlasovaen-ivanovo@mail.ru

**В данной работе рассмотрена методика проведения экспертизы постельного белья. Представлены результаты анализа упаковки и маркировки комплекта постельного белья, проверки соответствия фактических характеристик данным, указанным в маркировке. Выявлена качественная фальсификация материала, используемого для пошива.**

**Ключевые слова:** постельное белье, экспертиза качества, маркировка, идентификация.

**This paper discusses the methodology for the examination of bed linen. The results of the analysis of packaging and labeling of a set of bed linen, verification of the compliance of the actual characteristics with the data indicated in the labeling are presented. High-quality falsification of the material used for sewing has been revealed.**

**Key words:** bed linen, quality examination, labeling, identification.

Целью выполнения работы является идентификация фактических значений характеристик постельного белья на соответствие нормативным требованиям и данным маркировки. Исследование выполнено на материалах предприятия ООО «Славянка - Текстиль», г. Иваново. Ассортимент постельного белья предприятия насчитывает 72 разновидности и более 20 коллекций [1].

Для проведения экспертизы качества комплектов постельного белья (КПБ) применялась стандартная методика [2]. Вначале был произведён внешний осмотр упаковки, её целостности, заполнена таблица по требованиям к маркировке КПБ. Затем проведена органолептическая оценка качества объекта экспертизы по внешнему виду и качеству пошива. Для объективной оценки качества КПБ по органолептическим показателям была организована экспертная группа из 3 человек, которые определяли качество швейных изделий.

Правила приемки КПБ указаны в ГОСТ 23948-80 [3]. Приемку изделий по качеству предприятие-изготовитель проводит методом сплошного контроля; допускается основные линейные измерения контролировать методом выборочного контроля в соответствии с таблицей 3 [3].

Внешний вид и технология изготовления постельного белья должны соответствовать требованиям стандарта [4] и образцу-эталоны. Виды и параметры швов, виды и номер швейных ниток и игл, способы обработки срезов, закрепления концов строчек, крепления фурнитуры и отделок, применяемых при изготовлении изделий, должны соответствовать требованиям нормативных документов. Особенности изготовления изделий приведены в приложении А [4]. Готовые изделия должны быть очищены от концов ниток. Концы всех строчек должны быть закреплены.

Маркировка и упаковка изделий постельного белья выполняются по ГОСТ 10581-91 [5]. Дополнительные требования к маркировке изделий, комплектам изделий должны быть установлены в договорах. Оценка качества продукции ООО «Славянка - Текстиль» проведена на примере КПБ. Характеристика выбранного образца представлена в табл.1.

Таблица 1

## Товароведная характеристика комплекта постельного белья

Наименование	Материал	Комплектность	Размер, см	Цена опт., руб.
КПБ «Ивановская бязь»	Бязь	Наволочка - 2 шт., простыня-1, пододеяльник - 1	2-спальный Наволочка 70x70, простыня 180x220, пододеяльник - 180x220	470

Далее рассмотрены требования, предъявляемые к маркировке и упаковке готовых комплектов постельного белья, а также проверено соответствие упаковки и маркировки требованиям нормативных документов.

Маркировка продукции должна быть достоверной, читаемой и доступной для осмотра и идентификации. Маркировка постельного белья носит обязательный характер. На товарном ярлыке должны быть указаны реквизиты, приведенные в первой колонке табл. 2.

Изделия упаковывают в потребительскую тару, это может быть коробка или пачка из картона, либо полиэтиленовый пакет. Способы складывания изделий устанавливает предприятие-изготовитель с учетом обеспечения сохранности товарного вида изделий до момента реализации. Маркировка комплекта постельного белья должна соответствовать п. 1.3 ГОСТ 10581-91 и статье №9 ТР ТС 017/2011 [6]. На основании указанных НД в табл. 2 приведен анализ маркировки образца "Ивановская бязь".

Таблица 2

## Анализ маркировки образца КПБ на соответствие требованиям ГОСТ 10581-91 и ТР ТС 017/2011

Элементы маркировки по нормативным требованиям	Фактические данные	Вывод
1	2	3
наименование страны-изготовителя	Сделано в России	Соответствует ГОСТ 10581-91, п.1.3, и ТР ТС 017/2011 статья №9, п.1.
фирменное наименование, местонахождение (адрес) изготовителя	г. Иваново не указано	Не соответствует ГОСТ 10581-91, п.1.3, и ТР ТС 017/2011 статья №9, п.1.
обозначение стандарта или технического документа, обязательным требованиям которого соответствует изделие	ГОСТ 31307-2005	Соответствует ГОСТ 10581-91, п.1.3
наименование изделия	Комплект постельного белья (КПБ)	Соответствует ГОСТ 10581-91, п.1.3, и ТР ТС 017/2011 статья №9, п.1.
артикул и (или) модель изделия	КПБ «Ивановская бязь» 007	
размеры	2 спальный: наволочка 70x70 - 2 шт., простыня 180x220, пододеяльник 180x220	

информация (в соответствии с требованиями национальных систем сертификации)	нет	Не соответствует ГОСТ 10581-91, п.1.3
сырьевой состав	Бязь 100% хлопок	Соответствует ГОСТ 10581-91, п.1.3, и ТР ТС 017/2011 статья №9, п.1
дата изготовления	отсутствует	Не соответствует ГОСТ 10581-91, п.1.3, и ТР ТС 017/2011 статья №9, п.1.
штриховой код товара (при его наличии)	имеется	Соответствует ГОСТ 10581-91, п.1.3
товарный знак изготовителя (при его наличии)	отсутствует	Соответствует ГОСТ 10581-91, п.1.3, и ТР ТС 017/2011 статья №9, п.1
специфическая информация об изделии для потребителя (при ее необходимости)	Бязь 146 ( $\pm 5$ ) г, Отклонения по размерам изделий $\pm 2,5\%$ , рекомендации по стирке	
единый знак обращения продукции на рынке государств - членов Таможенного союза	ЕАС	Соответствует ТР ТС 017/2011 статья №9, п.1
гарантийные обязательства изготовителя (при необходимости)	отсутствуют	
№ партии (при необходимости)	Нет	
Символы по уходу	Стирать при температуре 30°C, нельзя отбеливать, химчистка запрещена, гладить при средней температуре (до 150 °C), можно высушивать и выжимать в стиральной машине	Соответствует ГОСТ 10581-91, п.1.3.4 и ТР ТС 017/2011 статья №9, п.1

Маркировка образца является не полной и не соответствует ГОСТ 10581-91, п.1.3, ТР ТС 017/2011, статья №9, п.1, так как отсутствует знак РСТ, фирменное наименование, местонахождение (адрес) изготовителя и не указана дата изготовления.

Таким образом, в данном пункте была проанализирована полнота маркировки КПБ производства ООО "Славянка - Текстиль", а также состояние и вид упаковки. Упаковка выполнена в виде прозрачной полимерной коробки, внутри которой - художественно оформленный вкладыш.

В табл. 3 представлены данные идентификации образца КПБ требованиям, заявленным в маркировке. Данные показатели оценивались органолептическими методами (соответствие рисунка образцу) и измерительными методами, а затем сравнивались с данными, указанными в маркировке.

## Анализ соответствия образцов требованиям, заявленным в маркировке

Показатели	Данные маркировки	Фактические результаты	Заключение
Рисунок	Цвет синий с желто-коричневым рисунком города	Цвет синий с желто-коричневым рисунком города	Соответствует данным маркировки
Поверхностная плотность ткани, г/м <sup>2</sup>	146 (±5)	134	Не соответствует данным маркировки
Размер пододеяльника, см	180x220 ± 2,5%	179x218 -0,55 x -0,9%	Соответствует данным маркировки
Размер простыни, см	180x220 ± 2,5%	179x219 -0,55 x -0,45%	Соответствует данным маркировки
Размер наволочки 1	70x70 ± 2,5%	69x70 -1,4 x 0%	Соответствует данным маркировки
Размер наволочки 2	70x70 ± 2,5%	70x69 0 x -1,4%	Соответствует данным маркировки

Установлено, что цвет и размеры КПБ соответствуют данным, указанным в маркировке. Однако поверхностная плотность ткани ниже заявленной, хотя соответствует требованиям ГОСТ 31307-2005 (не менее 105 г/м<sup>2</sup>).

Таким образом, в данной работе рассмотрена методика проведения экспертизы КПБ; изучены методы, применяемые при экспертизе качества швейных изделий, а также дана характеристика нормативных требований к КПБ. Представлены результаты анализа упаковки и маркировки образца комплекта постельного белья, проверки соответствия характеристик данным, указанным в маркировке. КПБ имеет отклонения от норм по полноте маркировки, а также поверхностная плотность ткани, указанная в маркировке КПБ не соответствует номинальным значениям.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Моманд А.М., Языкова Д., Власова Е.Н. Исследование ассортимента постельного белья / Молодые ученые – развитию Национальной технологической инициативы (ПОИСК – 2021): сб. материалов Национальной (с международным участием) молодежной научно-технической конференции. – Иваново: ИВГПУ, 2021. – С. 828-830.
2. Зонина Л.Н., Михайлова Л.В., Власова Е.Н. Теоретические основы товароведения и экспертизы: Учебное пособие. - М.: Изд.-торг.корп. «Дашков и К», 2015. – 192 с.
3. ГОСТ 23948-80 Изделия швейные. Правила приемки.
4. ГОСТ 31307-2005 Белье постельное. Общие технические условия.
5. ГОСТ 10581-91 Изделия швейные. Маркировка, упаковка, транспортирование и хранение.
6. ТР ТС 017/2011. Технический регламент Таможенного союза "О безопасности продукции легкой промышленности" (с изменениями на 9 августа 2016 года).

## ЦИФРОВАЯ ПЕЧАТЬ В ОДЕЖДЕ КАК ИННОВАЦИОННЫЙ СПОСОБ «ОСОЗНАННОЙ МОДЫ»

### DIGITAL PRINTING IN CLOTHING AS AN INNOVATIVE WAY OF CONSCIOUS FASHION

В.А. Павлинова, А.Н. Малинская  
V.A. Pavlinova, A.N. Malinskaya

Ивановский государственный политехнический университет  
Ivanovo State Polytechnic University  
E-mail: @viktoria.pavlinova@mail.ru, albina.malinskaya@mail.ru

Рассмотрены вопросы использования цифровых технологий в индустрии моды, как синтез модных трендов и «осознанной» моды. Предложены решения реализации задач «быстрой моды» через использование инновационных технологий цифровой печати в дизайн-проектировании модного продукта «осознанного» потребления.

Ключевые слова: цифровая печать, инновации, экологичная мода, «осознанная мода», дизайн одежды, модные тренды.

The issues of digital technologies in the world of fashion and ecology are considered.

The causes of the problem are considered as "fast fashion". Proposed solutions for these areas, features of digital printing as an innovative way of "conscious fashion". As a strategy and tool for the development of this area and its further implementation in the field of ecology.

Key words: public-private partnership, innovation, economy, organization, infrastructure, strategy

Считается, что модная индустрия сегодня входит в число ведущих отраслей, негативно влияющих на состояние окружающей среды. Стремительность сменяемости модных трендов, удешевление производства, возможность создания недорогой одежды, использование синтетических материалов привело к неограниченному и часто бесконтрольному потреблению. Данное направление в мире образовалось в результате быстрого развития ритма жизни, и как следствие, сформировалось направление fast fashion - «быстрая мода», которое прочно закрепилось в повседневной жизни с 90-х годов прошлого века.

Как альтернатива «быстрой моде» в последние годы сформировалось новое направление sustainable fashion – «осознанная мода» или «устойчивая мода». Она подразумевает ответственное отношение к природе и людям. На сегодняшний день всё больше акцентируется внимание на тему осознанного потребления одежды, что является неотъемлемой частью экологии. В последние годы движение получает большую известность и значительный рост количества последователей за счет обостряющихся экологических проблем. «Устойчивая мода» не ограничивается идеей экологического стиля как символа охраны окружающей среды, она использует элементы эко-моды, но обращена не только к формированию внешних атрибутов, но и к изменению стратегии потребления.

Как любая альтернативная система, «устойчивая мода» fashion industry не исключает модный принцип как таковой, предполагает смену ориентира, а не преобразование механизма моды в целом.

Основные принципы «осознанной моды» – использование экологичных материалов и тканей, полученных из натурального сырья или переработанных отходов, увеличение срока службы модного продукта, замедление темпов сменяемости стиля, обращение к экологическому стандарту и этике потребления, а также экономия всех ресурсов, необходимых для производства одежды. «Устойчивая мода» поддерживает стремление к социальной устойчивости и стабильности, связанной с охраной окружающей среды.

Особенности «осознанной моды» в дизайн-проектировании модной одежды:

- увеличение срока службы одежды за счет создания эмоционально прочного (устойчивого) дизайна, не слишком подверженного радикальным колебаниям стиля - «создание универсальной одежды», которая подразумевала бы стабильное существование системы «модный образ-костюм» во времени;

- использование материалов высокого качества из натурального, экологичного сырья; - переработка отходов;

- аренда и перепродажа одежды (resale);

- осознанность и мотивация к творчеству путем создания из старых вещей новых (apsaykling) - ремонт, переосмысление, рециркулирование (Repair. Reimagine. Recycle);

- «кастомизация» (to costumize) - персонификация или преобразование той или иной вещи под конкретного человека, ориентация на индивидуальные запросы потребителей или сделанный в единственном экземпляре по индивидуальному заказу, или изготовленный в лимитированной коллекции;

- «осознанное потребление» - «Покупай осознанно. Носи дольше» - новая рекламная кампания бренда Levi's.

Одним из актуальных способов реализации apsaykling, как одного из основных аспектов «осознанной моды» является нанесение принта посредством цифровой печати на швейные изделия «устойчивого» ассортимента. На основе анализа информационных материалов лондонского агентства трендов WGSN установлено, что данный способ декорирования активно развивается и занимает лидирующие позиции в мире моды. Кроме того, большая популярность цифровой печати в индустрии моды обусловлена использованием инновационных технологий, удовлетворяющих требованиям экологичной моды - использование чернил на водной основе, не содержащих азотокрасители и новые технологии нанесения принта - цифровая и трансферная печать.

Целью данной работы является разработка авторской коллекции моделей молодежной одежды, включающей универсальный «устойчивый» базовый ассортимент одежды, декорированной принтом.

Анализ модных трендов показал, что современное дизайн-проектирование отличает не только увеличение одновременно существующих модных форм, но и большое количество их модификаций за счет применения авторских приемов декорирования.

Для достижения поставленных задач при разработке коллекции моделей одежды в стиле 1990-х гг. аккумулированы все знания в области дизайн-проектирования одежды, гармонично соединившие классическое конструирование, ориентированное сегодня на широкое использование САПР, и технологические возможности цифровой печати. Для нахождения нетривиальных путей решения практических задач в дизайне авторской коллекции использованы apsaykling и restyling.

Мудборд авторской коллекции молодежной одежды представлен на рисунке 1.



Рис.1. Мудборд авторской коллекции молодежной одежды

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кузьмичев, В.Е. Художественно-конструктивный анализ и проектирование системы "фигура-одежда": учебное пособие [Текст]/ В. Е. Кузьмичев, Н.И. Ахмедулова, Л.П. Юдина. - Иваново: ИГТА, 2010. - 300с., ил.
2. Малинская, А.Н. Разработка коллекции моделей: теория и практика: учебное пособие для вузов и сузов / А.Н. Малинская, М.Р. Смирнова. - Иваново: ИГТА, 2008. - 244с: 32цв. ил.
3. <https://www.wgsn.com/fashion>
4. <https://profashion.ru/business/sustainability/soznannaya-moda/>



**ПРОТИВОИЗНОСНОЕ ДЕЙСТВИЕ ПРИСАДОК РАЗЛИЧНОЙ ПРИРОДЫ  
В СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛАХ ТКАЦКИХ СТАНКОВ**

**ANTI-WEAR EFFECT OF ADDITIVES OF DIFFERENT NATURE  
IN WEAVING MACHINE LUBRICANTS**

А.С. Парфенов<sup>1</sup>, А.А. Тувин<sup>2</sup>  
A.S. Parfenov<sup>1</sup>, A.A. Tuvin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ивановская государственная медицинская академия

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

<sup>1</sup>Ivanovo State Medical Academy

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

E-mail: alsparf@gmail.com, tuvin1958@mail.ru

**Исследованы возможности модификации ряда промышленных масел, широко применяемых в ткацких станках, при помощи присадок различной природы. Показано, что совместное введение присадок микро- и наноразмерного ряда повышает противоизносные свойства смазочного материала, что может быть использовано для повышения ресурса узлов трения ткацких станков.**

**Ключевые слова:** присадка, износ, смазочный материал, ткацкий станок.

**Modification of a set of industrial oils, widely used in weaving machines, by means of additives of different nature is investigated. It is shown, that adding of micro- and nanosize additives increases anti-wear properties of a lubricant, that can be used for increase of a resource of units of a friction of weaving machines.**

**Keywords:** additive, wear, lubricant, weaving machine.

В ткацких станках ряда СТБ активно применяется широкая номенклатура смазочных материалов:

- промышленные масла общего назначения И-5А, И-8А для малонагруженных высокоскоростных механизмов, широкий ряд масел И-12А, И-20А, И-30А, И-40А, И-50А, ВНИИ НП-406 и другие – в зависимости от предъявляемых требований к вязкостным свойствам масла и режимам трения;
- масла специального назначения, работающие в непосредственном контакте с обрабатываемым материалом (Textol, Трах 14 ВЛ, Трах 16 С, Esso и др).
- консистентные смазки (ЦИАТИМ-221, ЦИАТИМ-223, Литол и другие)

Зачастую работая в агрессивных условиях, подвергаясь воздействию загрязнений пылью, продуктами износа, ряд узлов трения, таких как кулачковые механизмы, зубчатые передачи, работающие в условиях переменных нагрузок и высоких контактных давлений, подвержены активному адгезивному и абразивному изнашиванию.

Абразивное изнашивание широко распространено для машин и механизмов различного назначения (транспортной, сельскохозяйственной, дорожной, строительной и других распространенных видов техники). Существенную роль может играть абразивный износ, в технологии текстильных материалов, когда обрабатываемый материал (например, хлопок) несет в себе частицы абразива, не полностью удаляемые на этапе очистки сырья [1-3].

Борьба с загрязнением и деградацией смазочных материалов в процессе работы ведется по нескольким направлениям: совершенствование фильтрующих систем масляных коммуникаций, герметизация узлов трения и совершенствование уплотнительных устройств [4-5]. Стоит отметить, что эти способы не всегда применимы к условиям работы ткацких станков, особенно не прошедших комплексную модернизацию. В этом случае, на первый план выходит модификация смазочных материалов присадками и наполнителями различной природы (микро- и нано- порошки металлов, наночастицы различной природы, поверхностно-активные вещества) [6-7].

Известны обширные исследования по эффекту безыснжности, проведенные при добавлении в смазочный материал микропорошков мягких металлов, при этом авторы отмечают, что сервоитный слой может образовываться только в узком диапазоне нагрузок, скоростей, при использовании ряда не слишком популярных в промышленности смазочных материалов (глицерин, спирты и др.)

В нашем исследовании мы рассматриваем влияние многостенных углеродных нанотрубок, как систем с высокой удельной поверхностью и упругими свойствами, микропорошка меди и микропорошка графита в качестве присадок, позволяющих реализовать разные виды противоизносного действия в зоне трения в присутствии промышленных масел И20А и И40А.

## Материалы и методы

Таблица 1

Основные характеристики исследованных смазочных материалов

	И-20А (ГОСТ 20799-88)	И-40А (ГОСТ 20799-88)
Кинематическая вязкость при 40 °С, мм <sup>2</sup> /с	29-35	61-75
Температура вспышки, определяемая в открытом тигле, °С, не ниже	200	220
Плотность при 20 °С, кг/м <sup>3</sup> , не более	890	900

В качестве присадки в масло вводились УНТ Таунит-М (производства ООО «НаноТехЦентр г. Тамбов»), микропорошок меди сферической формы 99.8% фракция 0-63 мкм, микропорошок графита, производства ООО «Акколаб»

Таблица 2

Основные характеристики применяемых трибологических присадок

Характеристика	Таунит	Характеристика	Графит	Характеристика	Порошок меди
Внешний диаметр, нм	20-50	Размер чешуек графита, нм	< 500	Массовая доля Си, %	99,85
Внутренний диаметр, нм	10-20	Толщина, нм	≤ 50	Гранулометрический (фракционный) состав: менее 63 мкм, %	99,95
Удельная поверхность, м <sup>2</sup> /г	≥ 160	Удельная поверхность, м <sup>2</sup> /г	< 10	Насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup>	4,95

Триботехнические испытания проводились на модернизированной машине трения МТУ-01 по схеме трения три пальца-плоскость.

В качестве материалов пары трения были выбраны сталь ШХ-15 и сталь 40Х, широко применяемые в текстильных станках. Скорость вращения шпинделя машины трения поддерживалась постоянной в течение всего испытания и составляла 300 оборотов в минуту. Величина возникающего момента трения, приложенной нагрузки регистрировались при помощи тензодатчиков Zemic, данные обрабатывались на ПЛК Овен 150-220.А-М при помощи модуля ввода сигналов тензодатчиков MB110-220-4ТД.

Диаметр пятна износа измерялся на микроскопе Биолам-М с цифровой камерой Levenhuk M500 Base при помощи программного обеспечения TopView.

Седиментационные исследования проводились спектрофотометрическим способом. Длина волны 500 нм. Длительность испытаний – 168 часов.

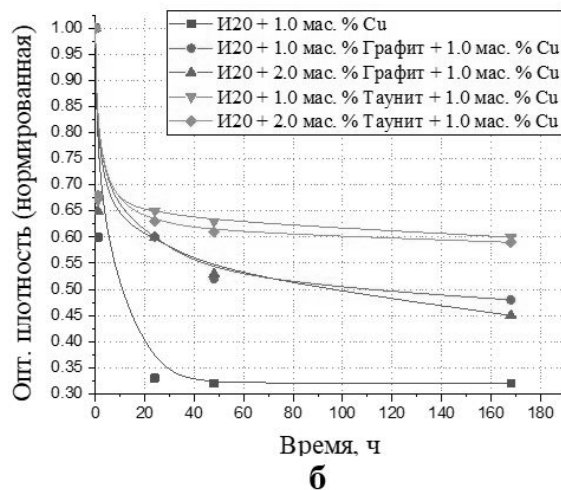
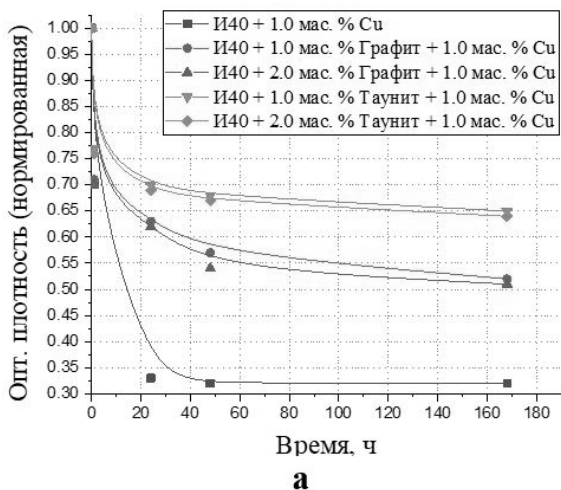


Рис. 1. Оценка седиментационной стабильности для композиций промышленных масел И40 (а) и И20 (б) с присадками УНТ, графита и меди

Оценка седиментации суспензий (рис.1.) показала высокую стабильность систем И20-УНТ и И40-УНТ. Микроразмерный порошок меди в концентрации 1.0 мас. % обладает неудовлетворительной стабильностью, показывая снижение оптической плотности в первые часы испытаний. При анализе седиментации совместных систем из микроразмерного порошка меди и углеродных присадок, можно сделать вывод о том, что часть углеродных наночастиц оседает вместе с микроразмерным порошком меди в первые часы испытаний, оставаясь в дальнейшем стабильной в случае с УНТ Таунит.

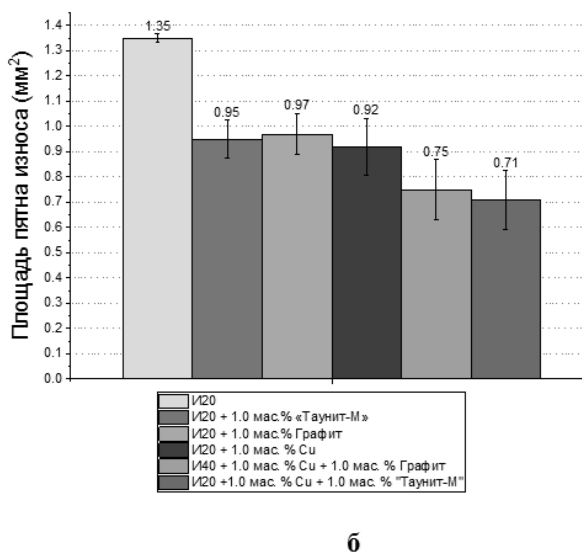
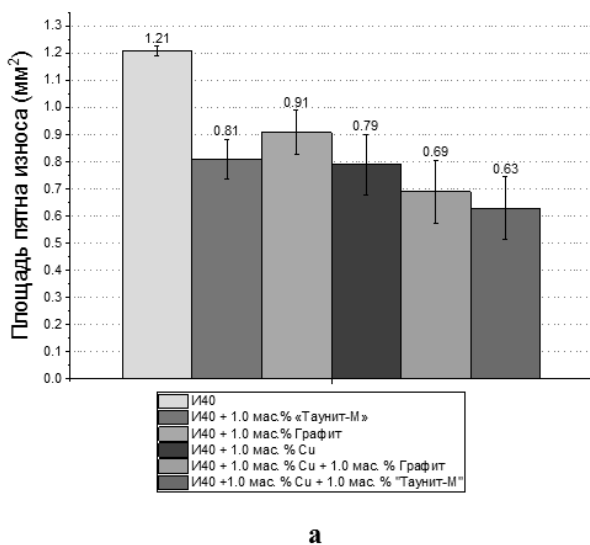


Рис. 2. Площадь пятна износа для композиций промышленных масел И40 (а) и И20 (б) с присадками УНТ, графита и меди

Испытания промышленных масел И20-А и И40-А, модифицированных рядом микро- и наноразмерных присадок показали (рис.2.), что дополнительное введение всех типов присадок снижает износ в базовых маслах И20 и И40. При этом наилучшую эффективность показывают наноразмерная присадка Таунит-М и присадка микроразмерного порошка меди сферической формы. Введение графитовой присадки снижает величину износа в меньшей степени. Совместное введение в смазочный материал присадки, состоящей из микроразмерного порошка меди и углеродного компонента, приводит к улучшению триботехнических характеристик смазочного материала. Композиции из медного порошка и углеродных нанотрубок снижают величину износа на величину порядка 80% в обоих исследованных промышленных маслах.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Худых М.И. Эксплуатационная надежность и долговечность оборудования текстильных предприятий. М. : Легкая индустрия, 1980. 334 с.
2. Мартынова Д.Ю. Изнашивающая способность текстильной пыли и вопросы герметизации узлов трения машин прядильного и ткацкого производства. Дис. канд. техн. наук: 05.02.13. Кострома, 1991.
3. Андреевков Е.В., Росляков Г.В., Гусейнов Г.Г. Экспериментальное исследование износа деталей трения швейных машин // Дизайн и технологии. 2009. № 13. С. 91-93.
4. Разработка конструкции комбинированного магнитожидкостного уплотнения для подшипниковых узлов текстильных машин / А. П. Сизов, А. В. Топоров, Д. Ю. Палин, Е. А. Топорова // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2019. № 6. С. 208-212.
5. Lubrication Oil Condition Monitoring and Remaining Useful Life Prediction with Particle Filtering / J. Zhu, J. M. Yoon, D. He, Y. Qu, E. Bechhoefer // Int. J. Progn. Heal. Manag. 2020. № 3. С. 124-138.
6. Nanolubricant additives: A review / J. Zhao, Y. Huang, Y. He, Y. Shi // Friction. 2021. № 9. С. 891-917.
7. Singh A., Chauhan P., Mamatha T.G. A review on tribological performance of lubricants with nanoparticles additives // Materials Today: Proceedings. 2020. №25. С. 586–591.

## **РУЧНАЯ ТЕХНИКА ГОРЯЧЕГО ПРЕССОВАНИЯ И ПРИМЕНЕНИЕ ЕЕ ФОРМООБРАЗУЮЩИХ СВОЙСТВ В ДИЗАЙНЕ ОДЕЖДЫ**

### **MANUAL HOT-PRESSING TECHNIQUE AND APPLICATION OF ITS FORMING PROPERTIES IN CLOTHING DESIGN**

Э.В. Лепихина, Е.В. Полякова, В.А. Бычков  
E.V. Lepikhina, E.V. Polyakova, V.A. Bychkov

Московская государственная художественно-промышленная академия  
имени С.Г. Строганова  
Moscow art and industry academy named after S.G. Stroganov  
E-mail: e.polyakova@smde.ru, pooelvi@yandex.ru, buchhoff-wasily@mail.ru

**В данной статье рассматривается проблема экологии, переработки и вторичного использования сырья. Основное содержание исследования составляет анализ и систематизация изученной информации по данной теме. В статье рассматриваются основные этапы работы в проектировании моделей одежды для получения экспериментального художественного образа с использованием материала, выполненного в технике горячего ручного прессования. В результате проведенной работы были получены экспериментальные образцы материалов. Автором предложен художественно-стилистический подход в разработке коллекций одежды. Предложенный подход будет интересен студентам, дизайнерам одежды.**

**Ключевые слова: пластик; фольга; техника; прессование; дизайн; проектирование; верхняя одежда.**

**This article deals with the problem of ecology, recycling and secondary use of raw materials. The main content of the study is the analysis and systematization of the studied information on this topic. The article considers the main stages of the work in the design of clothing models to obtain an experimental artistic image using the material made in the technique of hot hand pressed. As a result of this work, experimental samples of materials were obtained. The author proposed an artistic and stylistic approach in the development of clothing collections. The proposed approach will be of interest to students, clothing designers.**

**Keywords: plastic; foil; equipment; pressing; design; outerwear.**

Вторичная переработка сырья является сегодня самым популярным способом решения проблемы загрязнения окружающей среды. Дизайнеры одежды также занимаются проблемой регенерации отходов, повторного использования сырья, предлагая множество вариантов ее решения: от вторичного применения до продления срока жизни бывшей в употреблении одежды, о чем свидетельствует расцвет в 1990-е годы бизнеса «сэконд хэнд». Экспериментирование с материалом является важнейшим методом дизайна, так как сама ткань способна стать стимулом для модельера, подсказывая новые формы и творческие идеи [1].

Модельеры рассматривают эту волну новых материалов как прекрасный источник вдохновения. Современные материалы с покрытиями и нетканые полотна, такие как резины и пластики, могут быть собраны методом склейки или спайки, а не традиционным швейным способом. Альтернативные методы производства, внедряемые благодаря появлению новых материалов, также открывают перед модельерами дополнительные перспективы в дизайне. Новые технологии в области производства постоянно оказывали влияние на моду. Некоторые из них оказались жизнеспособными, однако были и такие нетрадиционные виды текстиля, которые не получили дальнейшего развития, например, популярное в 1970-х годах производство трикотажа из синтетических волокон.

В конечном итоге мода зависима от текстиля и не может существовать без него; это утверждение, бесспорно, поэтому выбор ткани является во многом решающим для дизайнера, поскольку от этого зависит успех максимальной реализации его творческого замысла. Наука всегда играла важную роль в производстве материалов для текстиля, то создавая

синтетические волокна, то модифицируя натуральные, то изобретая революционные способы обработки, пропитки и окраски. Многие разработки меняют подход к использованию ткани, а для модного дизайна последствия будут заключаться в появлении новых приемов формообразования, новых идей, новой типологии изделий. В процессе экспериментирования была разработана классификация материала по размеру, цвету и композиции. Представлена в виде схематичного рисунка, в котором использованы художественные средства графики: линия, цвет, пятно. За основу в разработке материала определяется единичный элемент - пластик. Свободные элементы: точечные и линейные (геометрические фигуры и полосы) Рис.1 и более сложные композиции, которые состоят из текстов, предметных изображений. Рис.2

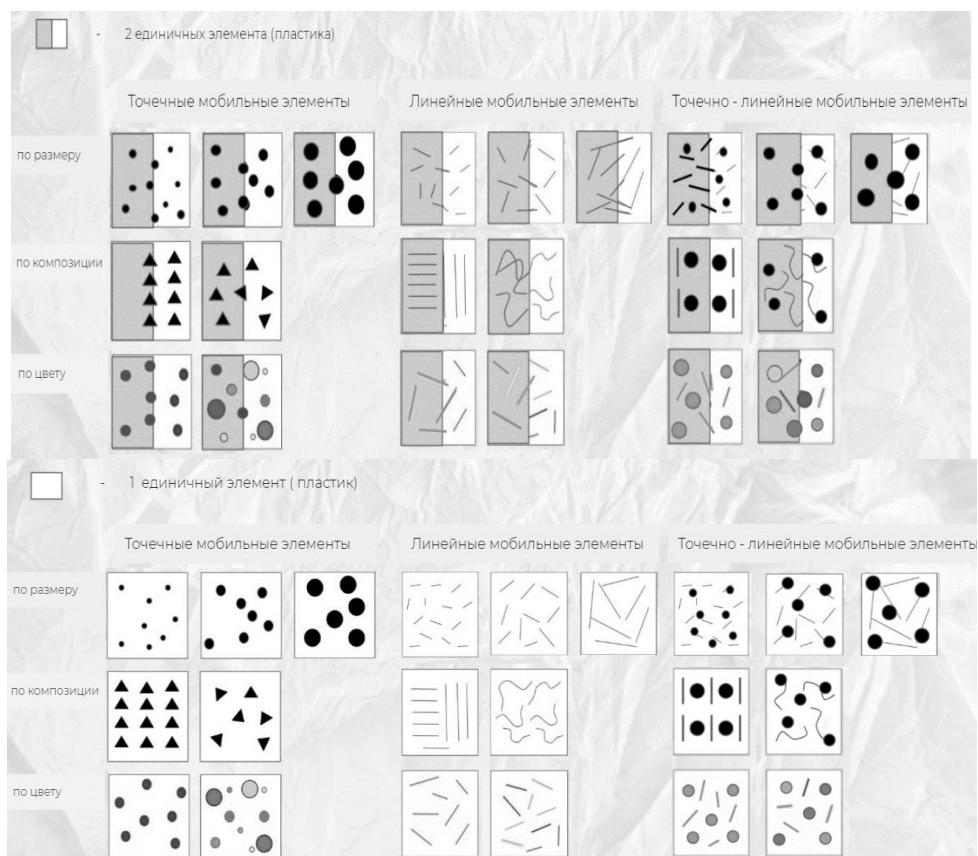


Рис.1. Классификация материала по размеру, цвету и композициям



Рис.2. Сложные композиции, которые состоят из текстов, предметных изображений



Следующим этапом в разработке коллекции было эскизирование: ритмитизация в цветовых пятнах, так как материал располагает именно к такой композиционной работе. Наиболее органичным средством визуализации было применение техники графического знака в проектировании одежды, работающего по принципу шаблона с помощью наложения силуэта на отсканированный и масштабированный образец материала. Рис.3.



Рис.3. Поисковые эскизы костюмных форм

Подводя итоги над экспериментальными макетами, хотелось бы выделить следующие моменты. Проведена детальная прорисовка одежды с учетом технологических процессов. В работе используются различные варианты нанесения пластика: наложение нескольких единиц пластика, сочетание пластика разной плотности. Композиционные цветовые пятна распределяются на поверхности изделия и заполняются пластиком в соответствии с эскизом. Рис.4

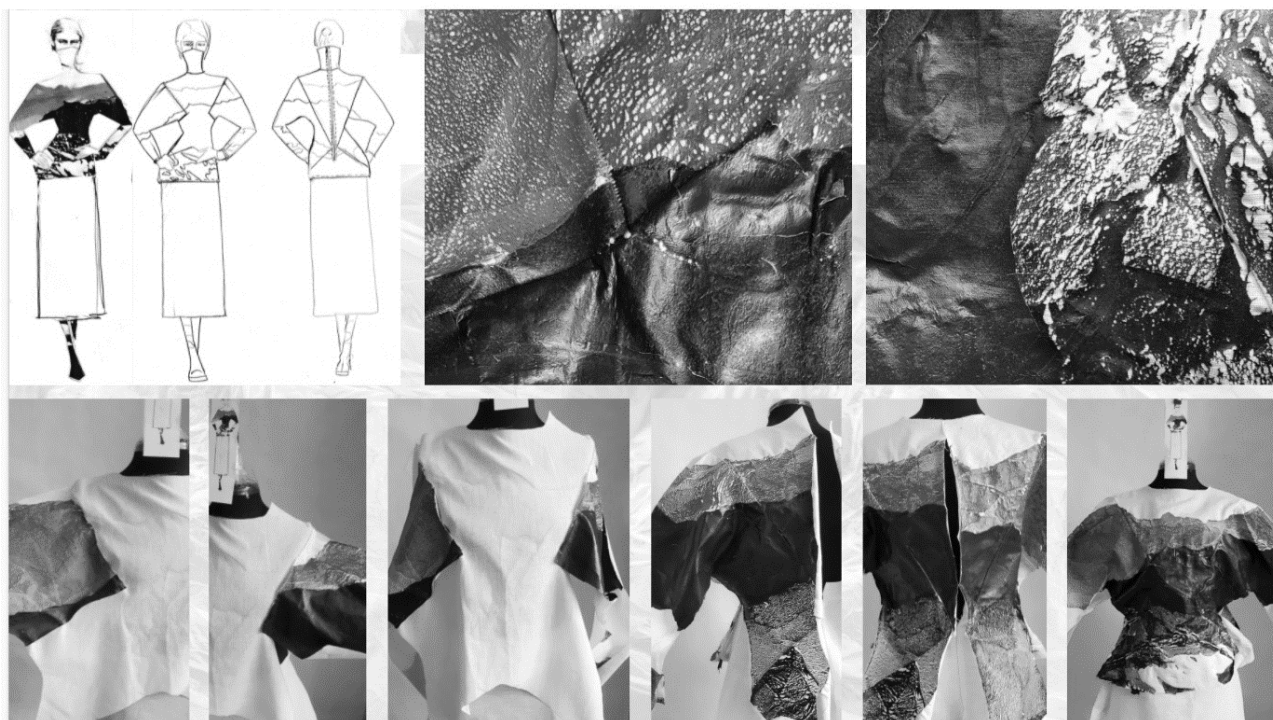


Рис.4. Последовательное нанесение пластика на текстильную основу

Процесс создания одежды из такого материала состоит из определенного алгоритма. Нанесение пластика на основу влияет на размерность, конструкцию. В связи с этим было найдено оптимальное решение этапов работы. Концепция проекта основывается на особом восприятии цвета и формы, а также предметно-пространственной среды, в которой образы становятся едиными и цельными. Рис.5



Рис. 5. Экспериментальный, исследовательский проект – Безликие

Направлена на раскрытие пластических и эстетических свойств материала. Разработанные изделия становятся манифестом идей арт-объекта и концептуальной одежды. Теоретические и практические результаты техники горячего ручного прессования были апробированы на всероссийских и зарубежных конкурсах, выставках в России, Лондоне, Индии, США, Германии.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Sinha, P. The mechanics of fashion / P.Sinha // Fashion Marketing: Contemporary Issues/ T.Hines, M.Bruce (end).- Oxford: Butterworth-Heinemann, 2001;



## ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИИ ВЫРАБОТКИ ИЗДЕЛИЙ С ЭЛЕМЕНТАМИ ДЕКОНСТРУКЦИИ

### DESIGN FEATURES AND TECHNOLOGIES OF PRODUCTS WITH DECONSTRUCTION ELEMENTS

Н.Р. Пясковская, Е.В. Николаева  
N.R. Pyaskovskaya, E.V. Nikolaeva

Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина  
(Технологии. Дизайн. Искусство), Москва  
Russian State University. A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art), Moscow  
e-mail: nadya.pyaskovskaya@mail.ru, l-kobra@rambler.ru

**В работе рассмотрены этапы проектирования и изготовлению изделий в стиле деконструктивизм. Выявлен основной стилистический прием – наличие отверстий на поверхности изделий. Изучены различные способы реализации данного приема в трикотажном полотне. Создана серия форэскизов коллекции. Разработана технология реализации изделий коллекции на современном трикотажном оборудовании.**

**Ключевые слова:** деконструктивизм, мода, трикотажные технологии

**The word reviewed the stages of design and manufacture of products in style of deconstruction. Was revealed the main stylistic method - the presence of holes on the surface of products. Various ways of implementing this technique in knitted fabric have been studied. A number of fore-sketches of the collection was created. A technology of the implementation of the collection's products using modern knitted equipment was developed.**

**Keywords:** deconstruction, fashion, knitting technology

В настоящее время все большую популярность получают трикотажные изделия с использованием принципа деконструктивизма. Данная работа включает в себя все этапы проектирования трикотажных изделий: от эскизирования в заданной стилистике до изготовления реальных изделий. Остановимся более подробно на следующих этапах: разработка эскизов изделий, изучение методов реализации отверстий на поверхности трикотажных полотен, создание лекал изделий, проектирование метода реализации изделий на плосковязальном оборудовании, разработка технологии соединения деталей.

На первом этапе проведен анализ коллекций различных модных брендов, работающих со стилистикой деконструктивизм, на основе которого выявлены главные приемы этого стилистического направления: асимметрия, смещение акцентов, расщепление, наличие дыр и отверстий на поверхности изделий, незаконченность формы, необработанные края изделий, выпущенные наружу швы.

В дальнейшем создана серия форэскизов коллекции изделий в вышеназванной стилистике с использованием основных приемов (рис.1).

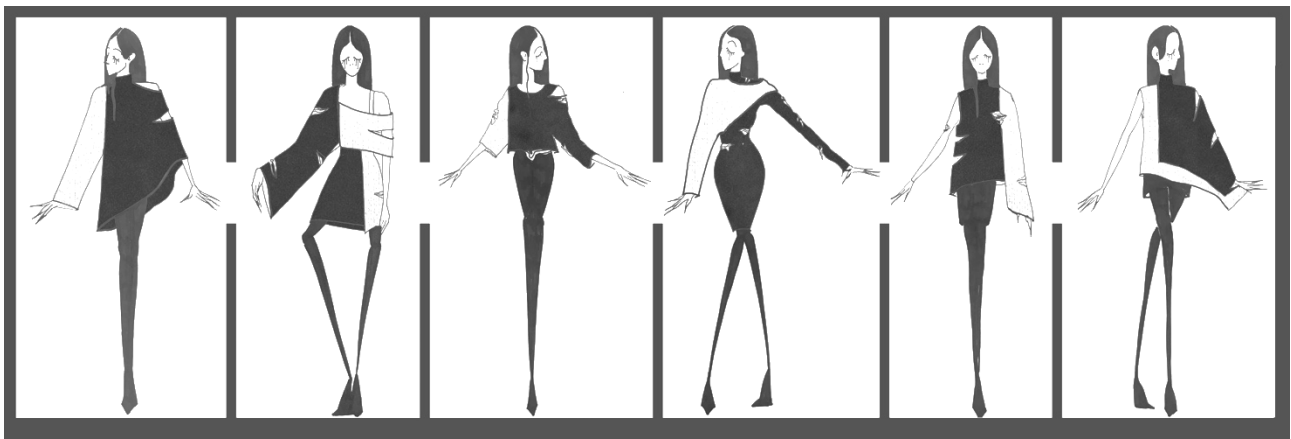


Рис.1. Серия форэскизов коллекции

На поверхности изделий располагаются отверстия и дыры различных форм и видов, конструкция деталей ассиметрична. Наличие разрезов и отверстий приводит к конструктивному изменению деталей или изменению функций этих деталей.

Рассмотрим некоторые этапы, связанные с непосредственной реализацией стилистики в изделии:

*1. Формирование отверстий на поверхности трикотажного полотна*

Формирование отверстий на поверхности трикотажного полотна используется для создания необходимых конструктивных особенностей проектируемого изделия или для достижения заданные стилистических черт. Отверстия могут реализовываться за счет механического воздействием на полотно, например с помощью разрезания. Данный способ разрушает структуру трикотажного полотна. Создать на трикотажном полотне отверстия без механического внешнего воздействия возможно путем использования следующих технологических способов:

*А. Использование в структуре полотна участков с удлиненными протяжками*

Создать отверстия в структуре трикотажного полотна можно с включением в основное переплетение участков неполного переплетения. За счет петельной структуры трикотажа добиться острых угловатых форм невозможно. Контуры отверстий имеют следующие условные формы: треугольник, ромб, прямоугольник. Примеры и специфика контуров приведены в таблице 1.

Таблица 1

Формы и специфика контуров с удлиненными протяжками

Критерии контура	Форма контура		
	Прямоугольник	Треугольник	Ромб
Форма контура			
Образец контура в материале			

<b>Преимущества формы контура</b>	Неограниченное количество петельных рядов; Наличие вертикальной стороны, способствующей близко размещать соседний контур;	Наличие вертикальной стороны, способствующей близко размещать соседний контур; Равномерное увеличение/уменьшение удлиненных протяжек;	Равномерное увеличение/уменьшение удлиненных протяжек;
<b>Недостатки формы контура</b>	Ограниченное количество петельных столбиков;	Ограниченное количество петельных столбиков и рядов;	Ограниченное количество петельных столбиков и рядов; Сложная форма контура для комбинирования с другими контурами;

При создании на поверхности полотна отверстия необходимо последовательно переносить петли и выключать иглы из работы, а затем включать иглы обратно в работу. Визуально увеличить площадь отверстия можно за счет комбинирования различных форм контуров отверстий. Для каждого типа отверстий разработаны графические записи, которые в дальнейшем можно перевести на язык для определенного вида оборудования. На рис.2 приведен пример реализации отверстия ромбовидного контура.

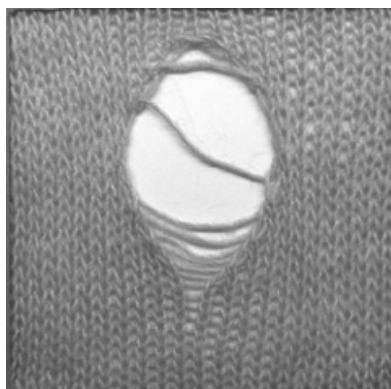


Рис.2. Отверстие ромбовидной формы с удлиненными протяжками

На размеры контура влияет класс вязального оборудования, характеристики сырья. Контур с удлиненными протяжками не следует использовать на срезах деталей, т.к. это усложнит швейные операции по сбору изделия.

*В. Использование техники интарсия для создания отверстий в поверхности полотна*

Для реализации данной техники необходимо использовать несколько нитеводоов. Количество нитеводоов равно количеству соединяемых продольных участков вязания [2, с.15 - 17]. Таким образом, для формирования на полотне одного отверстия, необходимо соединить два вертикальных участка вязания. Количество нитеводоов будет на единицу больше, чем количество отверстий, расположенных по горизонтали. На границе участков располагаются соединительные элементы – петельные наброски. Для формирования отверстия в желаемом месте необходимо не формировать соединительные элементы. Петельный столбик на границе двух участков имеет в своей структуре петельные наброски, которые придают ему дополнительный объем, выделяя на поверхности полотна. На рис.3

приведена схема вязания участка с отверстием (слева), а также образец, выполненный в материале (справа).



Рис.3. Схема расположения участков вязания при вязании интарсией (слева), выработанный образец (справа)

При таком способе реализации отверстие не пересечено протяжками, имеет закрытые края контура, отверстие не ограничено по ширине и высоте, а также его возможно применять на срезах деталей.

*С. Использование нескольких нитеводов, вводящихся в работу перед формированием отверстий в поверхности полотна*

Рассматриваемый способ используется для создания на поверхности трикотажного полотна отверстия без протяжек и является одним из вариантов техники вязания интарсии. Особенность данного способа заключается в моменте включения нитеводов в работу. Новый нитевод включается в работу перед началом образования отверстия. Рассматриваемый способ исключает возможность образования уплотненных петельных столбиков на поверхности полотна. На рис.4 представлен пример разделения полотна на участки (слева), а выработанный образец (справа).

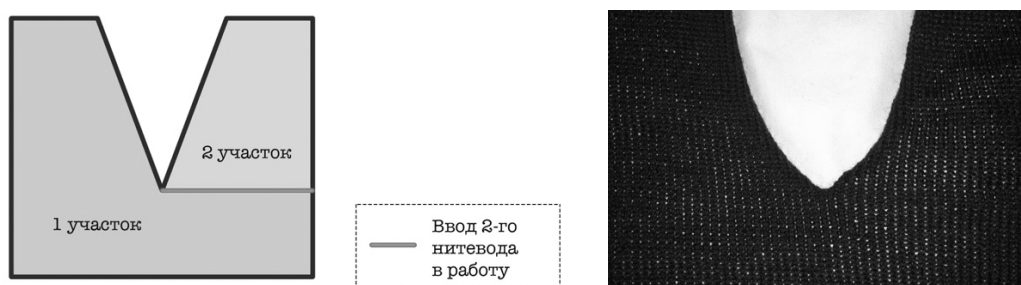


Рис. 4. Схема участков работы нитеводов (слева), выработанный образец (справа)

При таком способе реализации отверстие не пересечено протяжками, имеет закрытые края контура, отверстие не ограничено по ширине и высоте, не имеет уплотненного петельного столбика на границе участков вязания, а также его возможно применять на срезах деталей.

## *2. Разработка технологии вязания деталей изделий*

Для создания программ вязания деталей изделий необходимо учитывать комплектацию и технические возможности оборудования - класс вязального машины, количество петлеобразующих систем, тип нитеводов. Для апробации результатов исследований выбрана модель, представленная на рис. 5.

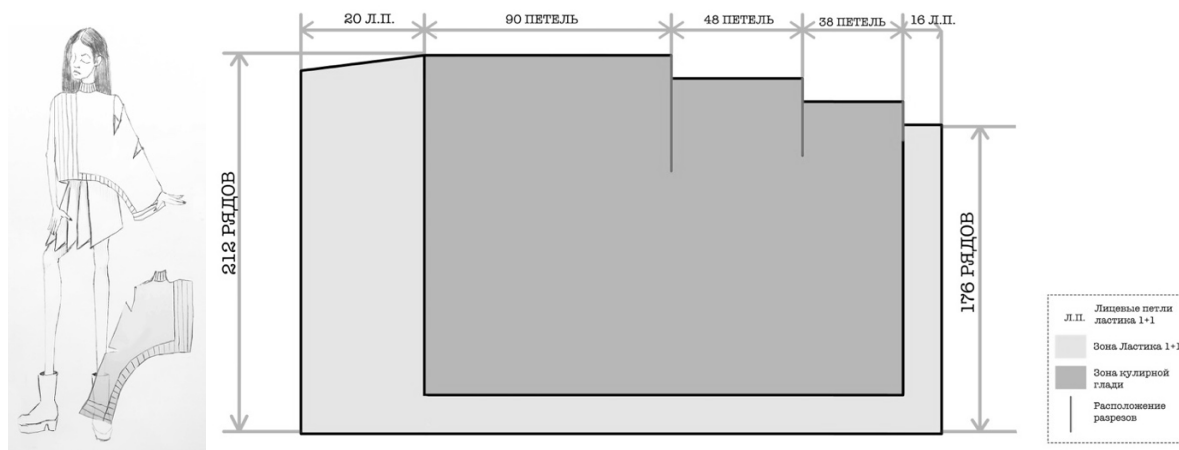


Рис. 5. Эскиз изделия из коллекции и параметры детали спинки и полочки

В конструкции модели присутствуют 3 вертикальных разреза, позволяющих по-новому взаимодействовать с такой деталью изделия, как рукав. Рассмотрим принцип вязания изделия подробнее:

Для вязания деталей спинки и полочки необходимо использовать 5 нитеводов: 2 нитевода формируют участки ластичного переплетения светлой пряжей по краям деталей, 3 нитевода формируют участок детали темной пряжей, содержащий в себе вертикальные отверстия (на уровне плеча, локтевого сгиба и запястья) различной глубины. Для реализации изделий использовалась вязальная машина Stoll CMS 530 HP с 3 петлеобразующими системами и неинтарсийными нитеводами [1, с.15 - 20]. В ходе работы создан ритм движения нитеводов на каждом участке детали. На рис. 6 приведен пример работы нитеводов на участке детали с двумя отверстиями (слева), а также количество нитеводов на каждом участке детали (справа).

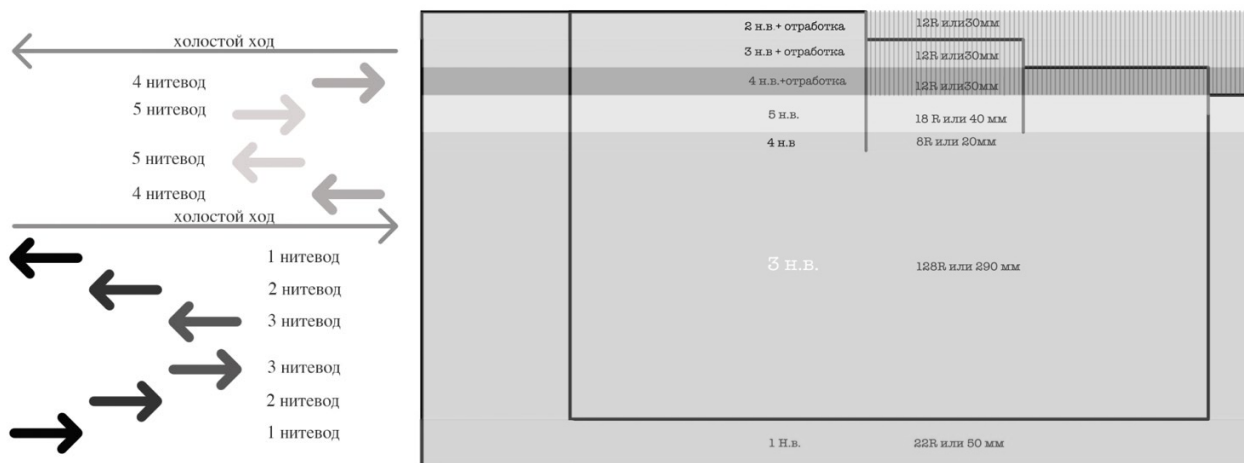


Рис.6. Ритм работы нитеводов (слева) и схема количества необходимых нитеводов (справа)

Детали изделия – спинка, полочка, стойка воротника собираются на кетельном оборудовании. Изображение готового выработанного изделия и пластических эффектов при перемещении отверстий в результате движения приведены на рис.7



Рис.7. Готовое изделие из разработанной коллекции

Таким образом, работа является законченным проектом, включающим, как исследовательские, так и технологические этапы. В результате работы:

- изучены визуальные особенности и приемы стилистического направления деконструктивизм;
- создана серия форэскизов в данном направлении;
- проведены исследования, направленные на изучение способов реализации различных отверстий на поверхности деталей трикотажных изделий с помощью рисунчатых переплетений. Рассмотренные способы позволяют менять конструкцию деталей или придавать необходимый декоративный стилистический окрас;
- разработана технология изготовления изделий коллекции на примере одного изделия из коллекции.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Шалов И.И., Далидович А.С., Кудрявин Л.А. Технологии трикотажа: учебник для высших учебных заведений. М.: ЛЕГПРОМБЫТИЗДАТ, 1986
2. URL: [http://www.customer.stoll.com/\\_data/media/pdf/media\\_674.pdf](http://www.customer.stoll.com/_data/media/pdf/media_674.pdf)

## КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ НИЗА ОБУВИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТХОДОВ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

### COMPOSITE MATERIALS FOR BOTTOM SHOES USING WOODWORKING INDUSTRY WASTE

А.Н. Радюк<sup>1</sup>, Ю.В. Дойлин<sup>1,2</sup>, А.Н. Буркин<sup>1</sup>  
A.N. Radyuk<sup>1</sup>, Y.V. Doylin<sup>1,2</sup>, A.N. Burkin<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь

<sup>2</sup>ОАО «Витебскдрев», Республика Беларусь

<sup>1</sup>Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus

<sup>2</sup>JSC «Vitebskdrev», Republic of Belarus

E-mail: ana.r.13@mail.ru, a.burkin@tut.by, artrock7@rambler.ru

Представлена возможность использования отходов деревообрабатывающей промышленности в качестве наполнителя для получения композиционных материалов для низа обуви. Разработаны составы композиций для получения материалов на основе отходов производства и технологическая схема получения. Получены образцы материалов и проведены исследования их свойств. Предложены рекомендуемые составы композиций для получения подошвенного материала с наилучшими показателями. Проведена промышленная апробация получения подошв обуви и проведены исследования их свойств. Представлены дальнейшие варианты модификации свойств подошв обуви.

**Ключевые слова:** отходы, полиуретан, древесная волокнистая масса, состав, технология, состав, материалы, подошвы обуви, свойства, модификация

The possibility of using waste woodworking industry as a filler for obtaining composite materials for the bottom of shoes is presented. Compositions of compositions for obtaining materials on the basis of production wastes and a technological scheme of production have been developed. Samples of materials were obtained and studies of their properties were carried out. Recommended compositions of compositions for obtaining plantar material with the best performance are proposed. Industrial testing of shoe soles has been carried out and their properties have been studied. Further options for modifying the properties of shoe soles are presented.

**Keywords:** waste, polyurethane, wood pulp, composition, technology, composition, materials, shoe soles, properties, modification

В настоящее время основной проблемой кожевенно-обувной промышленности является обеспечение предприятий качественным сырьем и снижением уровня импортоспособности по данному показателю, а также конкурентоспособности продукции на фоне импорта. Возникновение данных проблем связано с тем, что большинство импортной обуви имеет более низкие цены и более широкий ассортимент, в то время как отечественная промышленность характеризуется дефицитом и высокой стоимостью натурального сырья для производства деталей обуви. Поэтому поиск альтернативных сырьевых источников для кожевенно-обувной промышленности является актуальной задачей.

Использование отходов производства для изготовления новых материалов с заданными свойствами является наиболее перспективным направлением формирования ассортимента материалов для низа обуви, так как позволяет сократить постоянно растущий объем отходов, обеспечить экономические выгоды за счет увеличения масштабов производства при неизменном размере сырьевой базы.

На сегодняшний день наиболее часто используемым материалом для обуви является полиуретан, так как комплекс свойств, которыми он обладает позволяет использовать его для производства различных деталей обуви. В настоящее время весь объем полиуретанов, используемых в производстве обуви, покупается за рубежом. В процессе производства полиуретанового низа обуви образуются различные виды отходов – выпрессовки, литники и

бракованные подошвы, которые в дальнейшем могут быть использованы для создания новых полимерных материалов для низа обуви.

Основываясь на имеющемся опыте проведения подобного рода работ [1, 2], а также потребности предприятий Республики Беларусь в полимерных материалах для низа обуви одним из основных вариантов получения композиционных материалов является введение различного рода дешевых наполнителей в композицию из вторичного полиуретана, позволяющих существенно снизить себестоимость и улучшить технологические и эксплуатационные показатели. При этом предлагается использовать отходы, образующиеся не только в обувной промышленности.

Примером одного из дешевых наполнителей для производства композиционных материалов с полиуретановой матрицей может быть древесная волокнистая масса предприятия ОАО «Витебскдрев». Выбор данного предприятия обусловлен тем, что на ОАО «Витебскдрев» есть филиал кафедры «Техническое регулирование и товароведения» Учреждения образования «Витебский государственный технологический университет», на котором проводятся учебные занятия и научные исследования. Древесной волокнистой массой в данном случае называется продукт окончательной обработки древесноволокнистых плит средней плотности сухого способа производства, полученный путем шлифования, обрезки и фрезерования готовых изделий [3]. В данной работе использовали древесное волокно и древесную пыль хвойных и лиственных пород древесины.

В качестве основного компонента материалов использовали вторичное полимерное сырьё в виде отходов полиуретана. Также одними из компонентов композиции являлись стабилизатор и пластификатор.

Каждый из приведенных компонентов композиции играет определенную техническую и технологическую роль, способствует получению материалов с определенным уровнем свойств.

В ходе экспериментов варьировали содержание ингредиентов согласно рецептурным составом композиции, приведенным в таблице 1.

Таблица 1

Рецептурные составы композиций

Композиция	Ингредиенты, состав, масс. ч.				
	Отходы ПУ	Масло	Стеарат Са	Древесное волокно	Древесная пыль
1	100	5	1	0,5	–
2	100	5	1	–	0,5
3	100	5	1	5	–
4	100	5	1	–	5
5	100	5	1	2,75	–
6	100	5	1	–	2,75

Технология получения полиуретановых композиций для низа обуви включает в себя этапы, представленные на рисунке 1.



Рис. 1. Этапы технологии получения материалов на основе вторичного ППУ

Подготовка ингредиентов включает в себя подготовку отходов ПУ, пластификатора, стабилизатора и наполнителя, а также взвешивание ингредиентов согласно рецептурному составу [4].



Измельчение отходов полимерных материалов осуществляется с помощью однороторной дробилки Alpine A 40/63-5-3, предназначенной для эксплуатации на предприятиях, производящих термопластичные материалы и изделия из них, для измельчения отходов производства. Далее измельченные отходы смешивают в лопастной мешалке с другими ингредиентами. Переработку полимерного термопластичного материала осуществляли с помощью шнекового экструдера ЭШПО-75Н4 с 4 зонами терморегуляции, механическим приводом с мощностью 5,0 кВт. Непосредственно перед литьем полуфабрикат дробили до размеров гранул 2-4 мм. Высушенные гранулы упаковали в герметичную приемную тару. Заключительным этапом технологического процесса использования отходов является переработка гранулята в изделия. Для литья изделий использовали трехпозиционный статический литьевой агрегат SP 345-3 фирмы Main Group. Пластины получали при температурах 150–165 °С, подошвы обуви – 155–170 °С.

В результате проведенной апробации были получены образцы материалов и проведены испытания по определению их физико-механических и эксплуатационных свойств. Для этого были определены твердость (ГОСТ 263-75 «Резина. Метод определения твердости по Шору А»), плотность (ГОСТ 267-73 «Резина. Методы определения плотности»), условная прочность и удлинение (ГОСТ 270-75 «Резина. Метод определения упругопрочностных свойств при растяжении»), сопротивление истиранию (ГОСТ 426-77 «Резина. Метод определения сопротивления истиранию при скольжении»), сопротивление многократному изгибу (ГОСТ ISO 17707-2015 «Обувь. Методы испытаний подошв. Сопротивление многократному изгибу»). Объем выборки составлял не менее 5 образцов. Физико-механические и эксплуатационные свойства материалов представлены в таблице 2.

Таблица 2

Физико-механические и эксплуатационные свойства материалов

Материалы	$\rho$ , г/см <sup>3</sup>	H, усл. ед.	$f_p$ , МПа	$\varepsilon_p$ , %	$\Theta$ , %	$\beta$ , Дж/мм <sup>3</sup>	N, тыс. циклов
Образцы пластин	1,10-1,30	60–75	3,7–5,1	150-210	15-20	7,5-8,7	20–30

$\rho$  – плотность, H – твердость,  $f_p$  – условная прочность при разрыве,  $\varepsilon_p$  – относительное удлинение при разрыве,  $\Theta$  – остаточное удлинение после разрыва,  $\beta$  – сопротивление истиранию, N – сопротивление многократному изгибу

Для полученных образцов материалов было исследовано влияние наполнителя на физико-механические и эксплуатационные свойства материала путем варьирования его количественного содержания в композиции.

Анализ результатов исследования показал, что для получения подошвенного материала с наилучшими показателями содержание древесного волокна должно составлять 1,5 масс. ч. по отношению к отходам ПУ, а содержание древесной пыли – 1,0 масс. ч. Физико-механические и эксплуатационные свойства подошв представлены в таблице 3.

Таблица 3

Физико-механические и эксплуатационные свойства подошв обуви

Подошвы	$\rho$ , г/см <sup>3</sup>	H, усл. ед.	$f_p$ , МПа	$\varepsilon_p$ , %	$\Theta$ , %	$\beta$ , Дж/мм <sup>3</sup>	N, тыс. циклов
на основе ДВ	1,1	65	4,1	180	20	8,1	30
на основе ДП	1,15	70	4,8	220	18	8,5	30
ПУ	1,2	75	6,1	280	18	7,3	30
В-Н	1	80	6,2	230	20	5,5	20

ДВ – подошвы на основе древесного волокна; ДП – на основе древесной пыли; ПУ – монолитные подошвы из отходов ПУ (полимерная матрица); В-Н – волокнисто-наполненная резина

Анализируя данные таблицы 3, можно отметить, что по сравнению с полимерной матрицей и волокнисто-наполненной резиной полученные подошвы обуви имеют более высокий показатель износостойчивости – сопротивление истиранию. Более наглядно отличия свойств демонстрирует таблица 4.

Таблица 4

Отличия свойств подошв обуви

Подошвы	$T_p$ по $\rho$ , %	$T_p$ по $H$ , %	$T_p$ по $f_p$ , %	$T_p$ по $\varepsilon_p$ , %	$T_p$ по $\Theta$ , %	$T_p$ по $\beta$ , %	$T_p$ по $N$ , %
ДВ к ПУ	91,7	86,7	67,2	64,3	90,0	111,0	100,0
ДП к ПУ	95,8	93,3	78,7	78,6	100,0	116,4	100,0
ДВ к В-Н	90,9	81,3	66,1	78,3	100,0	147,3	150,0
ДП к В-Н	87,0	87,5	77,4	95,7	111,1	154,5	150,0

$T_p$  – отношение показателей свойств полученных подошв обуви к аналогичным материалам

Анализируя данные таблицы 4, можно отметить, что по отношению к исходной полимерной матрице не изменился показатель «сопротивление многократному изгибу» у подошв обуви на основе древесного волокна и древесной пыли, а также показатель «остаточное удлинение после разрыва» у подошв обуви на основе древесного волокна к волокнисто-наполненной резине и у и древесной пыли к исходной полимерной матрице. Рост значений показателей свойств помимо показателя «сопротивление истиранию» наблюдается у показателя «сопротивление многократному изгибу» у подошв обуви на основе древесного волокна и древесной пыли по отношению к волокнисто-наполненной резине и показателя «остаточное удлинение после разрыва» у подошв обуви на основе древесной пыли к волокнисто-наполненной резине.

Необходимо отметить, что несмотря на рост показателя «сопротивление истиранию» у полученных подошв обуви по сравнению с аналогичными материалами, в соответствии с ГОСТ 17311-71 «Подошвы, каблуки и набойки резиновые формованные износостойчивые. Технические условия» [5], полученные подошв обуви уступают требованиям по упругопрочностным характеристикам. В связи с этим проводилась модификация композиции с целью направленного увеличения прочностных показателей.

Для модификации композиции применяли технический углерод, введение которого в эластомерные композиции позволяет изменять технологические и технические свойства резин в широких интервалах [6].

Наполнение техуглеродом почти всегда преследует цель доведения полимера до заданной твердости или условного напряжения при заданном удлинении и условной прочности при растяжении – это первичные показатели качества изделия. Выбор этих показателей является оправданным, так как многие характеристики связаны с ними определенными корреляционными зависимостями. Они весьма чувствительны к отклонениям качественного или количественного составов полимеров, а также технологического регламента изготовления и переработки полимерных композиций.

Технический углерод (ГОСТ 7885) представляет собой усиливающий наполнитель эластомеров; при добавлении его в смеси увеличивается прочность, сопротивление истиранию и раздиру.

В состав композиции вводили такое же количество технического углерода как и древесных наполнителей.

В результате использования технического углерода наблюдается увеличение всех показателей, кроме плотности (таблица 5).

Таблица 5

Модификация свойств подошв обуви на основе отходов деревообрабатывающей промышленности

Подошвы	$\rho$ , г/см <sup>3</sup>	H, усл. ед.	$f_p$ , МПа	$\varepsilon_p$ , %	$\Theta$ , %	$\beta$ , Дж/мм <sup>3</sup>	N, тыс. циклов
на основе ДВ + ТУ	1,07	67	4,5	205	22	8,3	30
на основе ДП + ТУ	1,12	72	5,3	250	20	8,7	30

Сравнение свойств подошв обуви с использованием технического углерода и без использования технического углерода представлено в таблице 6.

Таблица 6

Сравнение свойств подошв обуви

Подошвы	$\rho$ , г/см <sup>3</sup>	H, усл. ед.	$f_p$ , МПа	$\varepsilon_p$ , %	$\Theta$ , %	$\beta$ , Дж/мм <sup>3</sup>	N, тыс. циклов
ДВ + ТУ к ДВ	-2,7	3,1	9,8	13,9	10,0	2,5	0,0
ДП + ТУ к ДП	-2,6	2,9	10,4	13,6	11,1	2,4	0,0

Анализируя данные таблицы 6, можно отметить, что незначительное количество технического углерода (1,5 масс. ч. и 1,0 масс. ч. по отношению к отходам ПУ) способствует увеличению прочностных показателей в среднем на 11,5 %.

Таким образом, можно сделать вывод, что использование отходов деревообрабатывающей промышленности способствует улучшению эксплуатационных свойств композиции. Введение подобного наполнителя регулирует также технологические свойства композиции и облегчает их переработку. Важная роль в производстве изделий с заданными свойствами принадлежит активным наполнителям, способствующим усилению прочностных свойств эластомеров. Использование технического углерода способствует усилению прочностных свойств и улучшает реологические свойства при литье композиции.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Переработка твёрдых отходов обувных предприятий г. Витебска: моногр. / А.Н. Буркин [и др.]. – Витебск: УО «ВГТУ», 2000. – 118 с.
2. Обувные материалы из отходов пенополиуретанов: моногр. / А.Н. Буркин [и др.]. – Витебск: УО «ВГТУ», 2001. – 173 с.
3. Мийченко И.П. Наполнители для полимерных материалов: Учебное пособие. МАТИ, 2010. 196 с.
4. Кербер М.Л. Технология переработки полимеров. Физические и химические процессы : учеб. пособие для вузов / М. Л. Кербер [и др.] ; под ред. М. Л. Кербера. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 316 с.
5. Подошвы, каблуки и набойки резиновые формованные износостойчивые. Технические условия (с Изменениями N 1, 2, 3, 4, 5, 6) : ГОСТ 17311-71. – Введен 01.01.1973. – Москва : ИПК Издательство стандартов, 1992. – 10 с.
6. Жовнер Н. А., Чиркова Н. В., Хлебов Г. А. Структура и свойства материалов на основе эластомеров. Омск: Филиал Российского заочного института текстильной и легкой промышленности, 2003.

## АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ РАДИАЦИОННОЙ СТЕРИЛИЗАЦИИ НА ПОКАЗАТЕЛЬ ПОВЕРХНОСТНОЙ ЖЕСТКОСТИ ПРИ ИЗГИБЕ НЕТКАНОГО МАТЕРИАЛА ХОЛЛОФАЙБЕР®

### ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF RADIATION STERILIZATION ON THE INDEX OF SURFACE RIGIDITY AT BENDING OF A NON-WOVEN HOLLOFIBER®

Р.Д. Рахматуллина<sup>1</sup>, М.С. Лисаневич<sup>1</sup>, Е.В. Мезенцева<sup>2</sup>  
R.D. Rakhmatullina<sup>1</sup>, M.S. Lisanevich<sup>1</sup>, E.V. Mezentseva<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Казанский национальный исследовательский технологический университет

<sup>2</sup>ООО «Термопол», Москва

<sup>1</sup>Kazan National Research Technological University

<sup>2</sup>LLC "Termopol", Moscow

E-mail: renata2100@yandex.ru, lisanevichm@gmail.com, yelena\_ev@mail.ru

**В работе изучена поверхностная жесткость при изгибе нетканого материала Холлофайбер® до и после радиационной стерилизации. Показано, что наличие более плотного верхнего слоя у нетканого материала (Холлофайбер® СОФТ артикул Р 5197) приводит к тому, что жесткость не зависит от направления полотна. После обработки ионизирующим излучением, дозой 40 кГр, поверхностная жесткость при изгибе у нетканого материала Холлофайбер® СОФТ артикул Р 5197 увеличилась и в поперечном и в продольном направлении в среднем на 7-12 %, а у нетканого материала Холлофайбер® ВОЛЮМЕТРИК артикул Р 84 в поперечном и в продольном направлении на 8-18%.**

**Ключевые слова:** холлофайбер®, радиационная стерилизация, жесткость при изгибе.

The surface bending stiffness of the Holofiber® nonwoven material before and after radiation sterilization was studied. It has been shown that the presence of a denser top layer in a nonwoven material (Holofiber® SOFT article P 5197) leads to the fact that the stiffness does not depend on the direction of the fabric. After treatment with ionizing radiation at a dose of 40 kGy, the surface bending stiffness of the nonwoven Hollofiber® SOFT article P 5197 increased both in the transverse and longitudinal directions by an average of 7-12%, and for the nonwoven Hollofiber® VOLUMETRIC article P 84 in the transverse direction and in the longitudinal direction by 8-18%.

**Key words:** holofiber®, radiation sterilization, bending stiffness.

Холлофайбер® - это нетканый материал, основу которого составляют пружинообразные полые волокна полиэстера. Эта торговая марка была зарегистрирована в 2005 году. Самый крупный производитель данного нетканого материала - завод «Термопол», который занимается производством холлофайбера® и по сей день. Сфера его применения обширна [1-4]: холлофайбер® используется в строительстве, из него изготавливают мебель, игрушки, верхнюю одежду и головные уборы, а также он широко применяется в системах очистки и фильтрации. Однако холлофайбер® можно применять и для нужд медицины. Каким образом? Легкий, мягкий, гипоаллергенный, холлофайбер® может выступать в качестве составляющей ортопедических подушек и матрасов, предназначенных для профилактики и лечения заболеваний позвоночника, и играть роль функциональной подушечки в составе пластырей и раневых повязок. Но медицина предъявляет к материалам довольно строгие требования, и одно из них – безопасность, а именно – антибактериальность, которая достигается с помощью стерилизации.

Как известно, все одноразовые медицинские изделия должны подвергаться обязательной стерилизации, в частности радиационной стерилизации. Стерилизация ионизирующим излучением позволяет весьма эффективно инактивировать микроорганизмы и, при использовании в процессе упаковки, гарантирует надежность и безопасность изделий медицинского назначения.

Но, как известно, при воздействии радиационного облучения может происходить деструкция некоторых полимеров, что отражается на технических показателях нетканого материала (НМ) на их основе [5-21]. Учитывая, что при стерилизации используется достаточно

широкий диапазон поглощенных доз (15-60 кГр), степень разрушения материала при облучении может быть существенной. Для безопасного использования нужно иметь представление о влиянии поглощенной дозы при радиационной стерилизации на свойства материала. С этой целью изучались влияние радиационной стерилизации на свойства НМ Холлофайбер® производства ООО «Термопол».

#### **Экспериментальная часть**

В качестве объектов были выбраны нетканые материалы:

- Холлофайбер® СОФТ артикул Р 5197, поверхностной плотностью 150 г/м<sup>2</sup>.
- Холлофайбер® ВОЛЮМЕТРИК артикул Р 84, поверхностной плотностью 150 г/м<sup>2</sup>.

Для определения жесткости нетканого материала измерения производили на приборе МТ-360, представленный на рисунке 1. Прибор предназначен для измерения жёсткости при статическом изгибе текстильных материалов.

Угол поворота для всех исследуемых материалов был одинаков и составлял 2,813 рад. Этот метод наиболее эффективен для сравнения жесткости нетканых материалов между собой, учитывая, что все измерения проводятся при одном угле наклона.

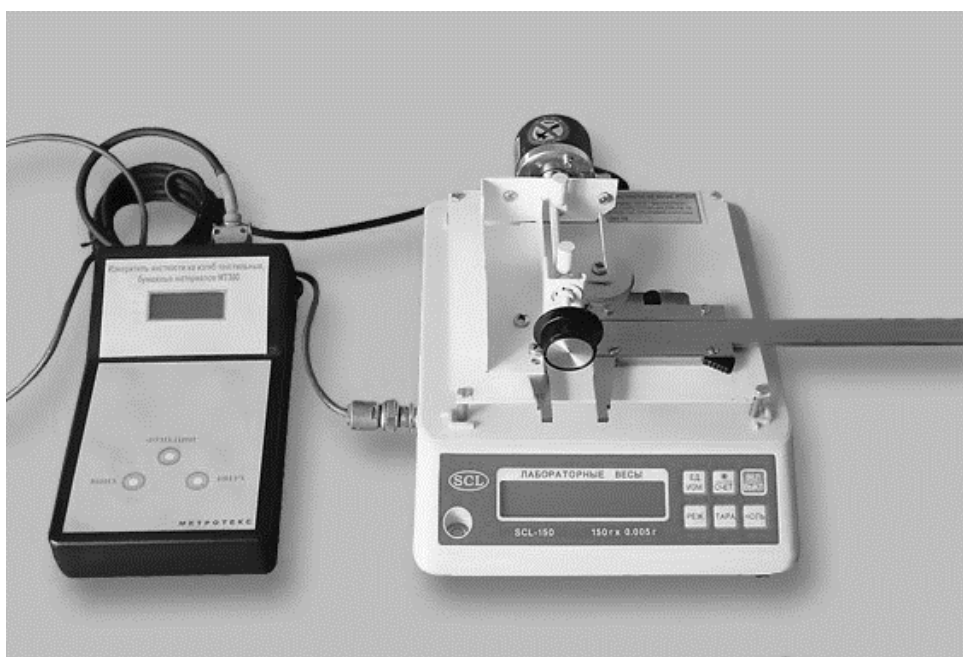


Рис. 1. Прибор для измерения жёсткости на изгиб текстильных материалов МТ 360

Порядок проведения испытания на приборе для измерения жёсткости на изгиб текстильных материалов МТ 360:

- фиксировали образец в зажимном устройстве;
- устанавливали с помощью устройства перемещения образца необходимое расстояние от зажима – 90 мм;
- свободный конец образца перемещали на опорный гребень;
- медленно поворачивали ручку поворотного устройства в направлении часовой стрелки до угла 2,813 рад. Снимали показания прибора.

В таблице 1 представлены данные по жёсткости материала Холлофайбер® СОФТ Р 5197 и Холлофайбер® ВОЛЮМЕТРИК Р 84

Данные по жёсткости материала Холлофайбер® СОФТ Р 5197 и Холлофайбер® ВОЛЮМЕТРИК Р 84

Поверхностная жесткость при изгибе, сН/рад	Контрольный	После облучения, 40 кГр
Холлофайбер® СОФТ артикул Р 5197		
Поперечное направление	0,31±0,015	0,35±0,017
Продольное направление	0,32±0,010	0,39±0,017
Холлофайбер® ВОЛЮМЕТРИК артикул Р 84		
Поперечное направление	0,37±0,013	0,4±0,017
Продольное направление	0,32±0,011	0,38±0,011

Как видно из приведённых данных, наличие более плотного верхнего слоя у нетканого материала (Холлофайбер® СОФТ Р 5197) приводит к тому, что жёсткость не зависит от направления полотна. У нетканого материала Холлофайбер® ВОЛЮМЕТРИК артикул Р 84, различие поверхностной жесткости при изгибе в продольном и поперечном направлении составляет 15%.

После обработки ионизирующим излучением, дозой 40 кГр, поверхностная жесткость при изгибе у нетканого материала Холлофайбер® СОФТ артикул Р 5197 увеличилась и в поперечном и в продольном направлении в среднем на 7-12 %, а у нетканого материала Холлофайбер® ВОЛЮМЕТРИК артикул Р 84 в поперечном и в продольном направлении на 8-18%.

Были также проведены исследования по измерению жёсткости по ГОСТ 10550-93 «Материалы текстильные. Полотна. Методы определения жесткости при изгибе.» Сущность консольно-контактного метода заключается в определении изгибающего момента, необходимого для прогиба элементарной пробы ткани под действием собственного веса, отнесенного к кривизне единицы площади элементарной пробы. При проведении испытаний было выявлено, что данная методика неприменима для объёмных материалов, так как после запуска испытания не наблюдается прогибов концов образцов и соответственно нет возможности провести измерение (рисунок 2).



Рис. 2. Фотография испытания по ГОСТ 10550-93

В результате полученных данных, показано, что наличие более плотного верхнего слоя у нетканого материала (Холлофайбер® СОФТ артикул Р 5197) приводит к тому, что жёсткость не зависит от направления полотна.

После обработки ионизирующим излучением, дозой 40 кГр, поверхностная жесткость при изгибе у нетканого материала Холлофайбер® СОФТ артикул Р 5197 увеличилась и в поперечном и в продольном направлении в среднем на 7-12 %, а у нетканого материала Холлофайбер® ВОЛЮМЕТРИК артикул Р 84 в поперечном и в продольном направлении на 8-18%.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Мезенцева, Е.В. План непрерывного статистического контроля при промышленном выпуске саморегулируемых нетканых теплоизоляционных материалов / Е.В. Мезенцева, В.Ю. Мишаков // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности, № 1 (391). Иваново: Ивановский государственный политехнический университет. – 2021. – С. 83 – 88. DOI 10.47367/0021-3497\_2021\_1\_83.
2. Мезенцева, Е.В. Оценка теплоизоляционных свойств инновационных нетканых материалов с использованием интегрального показателя эффективности/ Е.В. Мезенцева, В.Ю. Мишаков // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности, № 6 (384). Иваново: Ивановский государственный политехнический университет. – 2019. – С. 28 – 34.
3. Исследование влияние огнезащитной пропитки на свойства нетканых строительных материалов Холлофайбер© / Абуталипова Л.Н., Зиятдинова Д. Р., Лисаневич М.С., Мусин И.Н., Мезенцева Е.В // Бутлеровские сообщения, № 7, т. 67. Казань: Научный фонд им. А.М. Бутлерова. – 2021. – С. 81 – 87. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/21-67-7-81.
4. Апполонова Д.К., Лисаневич М.С. Раневые покрытия на основе полиэфирных нетканых материалов В сборнике: Фундаментальные и прикладные проблемы создания материалов и аспекты технологий текстильной и легкой промышленности. Сборник статей Всероссийская научно-техническая конференция. под. ред. Л.Н. Абуталиповой. 2019. С.51-53.
5. Быстрова П.Г., Лисаневич М.С. Модификация нетканых материалов Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX). 2020. №1. С.262-263.
6. Лисаневич М.С., Легаева К.В., Царева Е.Е., Галимзянова Р.Ю., Мусин И.Н., Хакимуллин Ю.Н. Прогнозирование долговечности стерилизованного нетканого материала, производимого по технологии спанлейс. Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т.17. №14. С.144-146.
7. Хакимуллин Ю.Н., Легаева К.В., Кузнецова Е.С., Травкина Л.С., Лисаневич М.С., Галимзянова Р.Ю. Влияние радиационной стерилизации на свойства нетканого материала, полученного по технологии спанлейс. Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т.17. №14. С.150-153.
8. Хакимуллин Ю.Н., Лисаневич М.С., Галимзянова Р.Ю., Шакиров Б.Л. Прогнозирование долговечности ламинированного нетканого материала, стерилизованного ионизирующим излучением. Вестник Технологического университета. 2015. Т.18. №17. С.120-122.
9. Галимзянова Р.Ю., Шакиров Б.Л., Когенман И.Е., Травкина Л.С., Лисаневич М.С., Хакимуллин Ю.Н. Влияние радиационной стерилизации на свойства двухслойного ламинированного нетканого материала. Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т.17. №14. С.194-196.
10. Хакимуллин Ю.Н., Бахридинова А.Р., Шаймарданова Р.Р., Лисаневич М.С., Галимзянова Р.Ю. Влияние радиационной стерилизации на свойства спанмелт-материалов. Вестник Технологического университета. 2015. Т.18. №1. С.251-253.
11. Царев А.Е., Лисаневич М.С. Исследование влияния радиационной стерилизации на электростатичность нетканых спанмелт-материалов медицинского назначения. В сборнике: Фундаментальные и прикладные проблемы создания материалов и аспекты технологий текстильной и легкой промышленности. Сборник статей Всероссийская научно-техническая конференция. под. ред. Л.Н. Абуталиповой. 2019. С.47-50.
12. Лисаневич М.С., Галимзянова Р.Ю., Мусин И.Н. Влияния радиационной стерилизации на свойства медицинских изделий из нетканых материалов. Бутлеровские сообщения. 2020.

- Т.64. №11. С.127-134. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/20-64-11-127; [M.S. Lisanevich, R.Yu. Galimzyanova, and I.N. Musin. Effects of radiation sterilization on the properties of nonwoven medical devices. *Butlerov Communications*. 2020. Vol.64. No.11. С.127-134. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/20-64-11-127]
13. Галимзянова Р.Ю., Рахматуллина Э.Р., Лисаневич М.С., Хакимуллин Ю.Н. Влияние радиационной стерилизации на физико-механические свойства нетканого материала на основе полипропилена *Вестник Технологического университета*. 2020. Т.23. №2. С.19-23.
14. Рахматуллина Э.Р., Галимзянова Р.Ю., Лисаневич М.С. Влияние ионизирующего излучения на свойства нетканого спанмелт-материала на основе полипропилена. *Бутлеровские сообщения*. 2020. Т.64. №11. С.135-142. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/20-64-11-135; [E.R. Rakhmatullina, R.Yu. Galimzyanova, and M.S. Lisanevich. Influence of the absorbed dose of radiation radiation on the destruction of polypropylene, depending on the location of the sample to the electron radiator. *Butlerov Communications*. 2020. Vol.64. No.11. P.135-142. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/20-64-11-135]
15. Лисаневич М.С., Галимзянова Р.Ю., Мукменева Н.А., Хакимуллин Ю.Н., Рахматуллина Э.Р., Кузнецова Е.С., Рамазанова А.Н. Использование фенольного и смесового фенол-фосфитного антиоксидантов для антирадиационной защиты полипропилена медицинского назначения. *Вестник Технологического университета*. 2015. Т.18. №2. С.181-182.
16. Рахматуллина Э.Р., Галимзянова Р.Ю., Лисаневич М.С., Кузнецова Е.С., Хакимуллин Ю.Н., Мукменева Н.А. Влияние стабилизаторов на свойства композиций медицинского назначения на основе полипропилена. *Вестник Казанского технологического университета*. 2013. Т.16. №22. С.181-183.
17. Лисаневич М.С., Галимзянова Р.Ю., Хакимуллин Ю.Н., Рахматуллина Э.Р., Ахмадуллин Р.М. Влияние полихинона и смесового фенол-фосфитного стабилизатора на радиационную стойкость полипропилена к ионизирующему излучению. *Вестник Технологического университета*. 2019. Т.22. №5. С.64-66.
18. Лисаневич М.С., Галимзянова Р.Ю., Хакимуллин Ю.Н., Рахматуллина Э.Р. Влияние поглощенной дозы радиационного облучения на деструкцию полипропилена в зависимости от расположения образца к электронному излучателю. *Вестник Технологического университета*. 2019. Т.22. №11. С.36-38.
19. Рамазанова А.Н., Лисаневич М.С., Галимзянова Р.Ю., Хакимуллин Ю.Н. Разработка радиационно-стойкой полимерной композиции медицинского назначения на основе сополимеров полипропилена В сборнике: *Здоровье человека в XXI веке. IX-я Российская научно-практическая конференция: сборник научных статей*. 2017. С. 381-383.
20. Лисаневич М.С., Галимзянова Р.Ю., Мукменева Н.А., Хакимуллин Ю.Н., Рахматуллина Э.Р., Хуснутдинова Э.В., Сиразетдинов Д.С., Гарипов И.И. Исследования радиационной стойкости блоксополимера пропилена и этилена и возможности её повышения *Вестник Технологического университета*. 2018. Т. 21. № 10. С. 100-103.
21. Рахматуллина Э.Р., Галимзянова Р.Ю., Лисаневич М.С., Хурматулина С.М., Федотов С.А., Хакимуллин Ю.Н. Исследование влияния нанодобавок и времени смешения на свойства композиций на основе полипропилена В сборнике: *Здоровье человека в XXI веке. IX-я Российская научно-практическая конференция: сборник научных статей*. 2017. С. 383-387.



**РАЗРАБОТКА ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СПЕЦОДЕЖДЫ  
С ДОПЭЛЕМЕНТАМИ ДЛЯ ЗАЩИТЫ  
ОТ ЛОКАЛЬНОГО ОБЛИВА ХИМИЧЕСКИМИ ВЕЩЕСТВАМИ**

**DEVELOPMENT OF PRODUCTION CLOTHING  
WITH ADDITIONAL ELEMENTS FOR PROTECTION  
FROM LOCAL OF CHEMICALS**

С.М. Сверчков, А.А. Сухова  
S M Sverchkov; A A Sukhova

Казанский национальный исследовательский технологический университет  
Kazan National Research Technological University  
E-mail: [karsar1998@mail.ru](mailto:karsar1998@mail.ru), [alexandra\\_suhova@mail.ru](mailto:alexandra_suhova@mail.ru)

**В статье рассмотрена конструкция пылезащитной куртки с дополнительными элементами, которые предназначены для защиты от локального облива химических веществ.**

**Ключевые слова:** спецодежда, допэлементы, смола, облив, химические вещества.

**The article discusses the design of a dust jacket with additional elements, which are designed to protect against local exposure to chemicals.**

**Keywords:** overalls, additional elements, resin, dousing, chemicals.

Многие химические производства сталкиваются с важной санитарно-гигиенической проблемой в производстве - устранение прямого контакта химических веществ с кожей рабочих, поскольку большинство операций по заправке оборудования, транспортировке и переливу жидкой фазы веществ (в небольших количествах) осуществляется, как правило, вручную.

На примере производства эпоксидных смол, которые могут находиться в различных физических состояниях (липкие, вязкие, нерастворимые в воде, масле и спирте жидкости) можно сделать вывод, что различные состояния химических веществ, особенно в вязком состоянии достаточно существенно осложняют не только работу с ними, но и подбор спецодежды работающих с ними.

При работе с эпоксидно-диановыми смолами возможны два пути проникновения в организм вредных веществ - ингаляционный и кожный. Ингаляционный обусловлен наличием в смолах летучих компонентов - эпихлоргидрина и толуола (не более 0,9% по массе), кожный - непосредственным контактом с летучими и нелетучими компонентами смолы [1].

Создание костюмов заявляемого типа является актуальной задачей в настоящее время и при разработке спецодежды для производственных рабочих необходимо производить конфекционирование материалов с учетом различных фаз химических веществ.

На рисунке 1 представлен технический эскиз разработанной пылезащитной куртки с допэлементами (1, 2), которые предотвращают локальный облив химических веществ. Сущность заявленного технического решения заключается в том, что на куртке расположены крепления для фиксации допэлементов - на полочках и спинке (3), на рукавах (4). На полочке расположены два накладных кармана (5) с клапанами (6), фиксирующимися на текстильную застежку «велкро» с двух сторон по входу в карман. На левой и правой половинках полочек на уровне притачивания кокетки, в нижней части куртки расположены защитные планки, под которыми настроены текстильные застежки «велкро» (петельная часть) для фиксации защитных накладок.

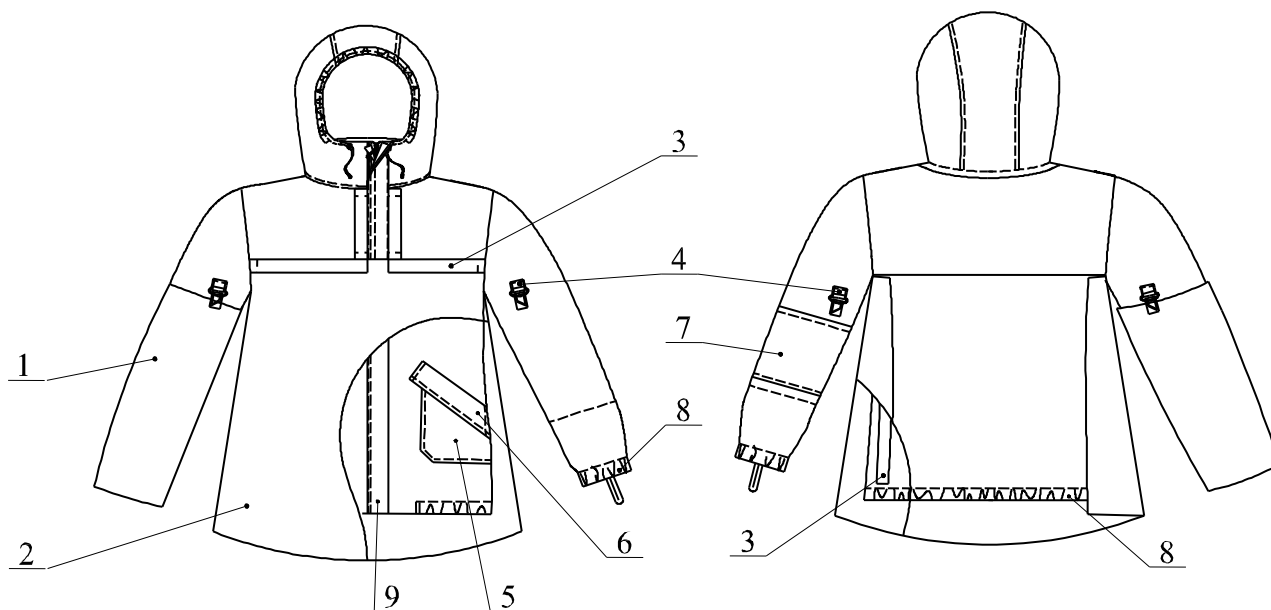


Рис. 1. Технический эскиз пылезащитной куртки с допэлементами

Спинка с притачной кокеткой, на уровне притачивания кокетки и вдоль боковых швов расположены защитные планки, под которыми настроена текстильная застежка «велкро» (3) для фиксации защитной накладки. Рукава втачные одношовные с налокотниками (7). Для дополнительной защиты на рукавах с изнаночной стороны настроены напульсники, которые стянуты эластичной тесьмой. Напульсники рукавов снабжены петлей на большой палец для удобства ношения. Низ рукава стянут широкой эластичной тесьмой (8). На рукавах выше области локтя расположены по два рамкодержателя с металлическими полукольцами, для крепления защитных нарукавников (1). Капюшон притачной на подкладке из бязи, по лицевому вырезу вставлена кулиска с эластичной тесьмой. Низ куртки стянут эластичной тесьмой (8), для более плотного прилегания. Куртка застегивается на застежку-молнию, которая прикрывается защитной планкой (9).

Усилительные накладки на полочках куртки и рукавах выполнены из инновационного многослойного материала ЛТЛ-1-2 (патент на изобретение №2521053), который обеспечивает защиту от воздействия кислот, смол и нефтепродуктов.

Представленная модель куртки имеет большую надежность, обеспечивает удобство в эксплуатации и имеет улучшенные потребительские свойства при использовании по назначению. Указанные показатели достигаются за счет того, что куртка из ткани смесового состава со специальной отделкой, обеспечивающей высокие пылезащитные свойства, а съемные, быстрозаменяемые усилительные накладки (допэлементы) на полочках куртки и рукавах выполнены из многослойного изолирующего материала.

Техническим результатом разработки является повышение надежности пылезащитной куртки для предотвращения проникновения мелкодисперсной пыли внутрь костюма, а также возможность работы с жидкими веществами (кислоты, смолы, нефтепродукты) при помощи усилительных накладок из многослойного материала.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ Р 56211-2014 Смолы эпоксидно-диановые неотвержденные. Технические условия

## ОТДЕЛКА ЛЬНЯНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРЕПАРАТОВ НА ОСНОВЕ ГИДРОКСИПРОПИЛ-В-ЦИКЛОДЕКСТРИНА

### FINISHING OF LINEN TEXTILE MATERIALS WITH THE USE OF PREPARATIONS BASED ON HYDROXYPROPYL-B-CYCLODEXTRIN

А.А. Соловьёва, Е.Л. Владимирцева, С.В. Смирнова  
A.A. Solovyova, E.L. Vladimirtseva, S.V. Smirnova

Ивановский государственный химико-технологический университет  
Ivanovo State University of Chemistry and Technology  
E-mail: mironova.anna05@mail.ru

**Работа направлена на повышение природной бактерицидности льняных текстильных материалов. Предложена композиция на основе гидроксипропил-β-циклодекстрина и аминокислот, обеспечивающая требуемый эффект уничтожения патогенной флоры.**

**Ключевые слова:** микрокапсула; антибактериальность; лён; полиэлектролит.

**The work is aimed at increasing the natural bactericidal properties of linen textile materials. A composition based on hydroxypropyl-β-cyclodextrin and amino acids is proposed, which provides the required effect of destroying pathogenic flora.**

**Key words:** microcapsule; antibacterial; flax; polyelectrolyte.

Производство льняных текстильных материалов, практически прекращенное в нашей области в 90-х годах прошлого столетия, в настоящий момент переживает свое второе рождение. Этому есть несколько причин: во-первых, льняное волокно, одно из немногих натуральных волокон, выпускаемых непосредственно в Российской Федерации, таким образом, его стоимость не зависит от мировых цен на текстильное сырье. Во-вторых, климатические условия способствуют культивированию льна как сельскохозяйственной культуры именно в средней полосе России. В-третьих, ассортиментный ряд текстильных материалов, выпускаемых из льняного волокна чрезвычайно широк и разнообразен, и способен удовлетворить потребности всех слоев населения. И наконец, известно, что льняные материалы обладают природной бактерицидностью, благодаря чему с успехом могут быть использованы для профилактики и защиты человека от неблагоприятных для его здоровья факторов.

Целью настоящего исследования было увеличение антибактериальной активности материалов из льняных волокон путем закрепления на их поверхности активных веществ (АВ), уничтожающих патогенную флору или угнетающих ее развитие, заключенных в микрокапсульные оболочки, включающие полиэлектролиты (ПЭ), а также - макроциклические рецепторы, такие как циклодекстрины (ЦД). Эти вещества представляют собой циклические олигополисахариды, состоящие из молекул глюкозы, соединенных α-(1-4)-гликозидными связями [1, с. 1—2; 23—42]. Благодаря наличию гидрофобной центральной полости и гидрофильной внешней оболочки они способны закрепляться с помощью водородных связей и взаимодействия Ван-дер-Ваальса на волокнистом материале, в химической структуре которого присутствуют гидроксильные группы, каким и является лен. Внутри оболочки при этом может содержаться АВ, в качестве которого в работе использовали фенилаланин (α-амино-β-фенилпропионовая кислота).

Для более прочной «пришивки» препаратов к волокну использовался вариант микрокапсулирования с использованием темплатов, где для формирования микрокапсул используются частицы карбоната кальция в сочетании с разноименно заряженными полиэлектролитами [2, с. 78–84. 3, с. 6103–6124]. Схема процесса представлена на рис.1.

Для закрепления полученной системы на льняном волокне применялись полиэлектролиты:

- полидиаллилдиметиламмоний хлорид (ПДАДМАХ), представляющий собой синтетический органический высокомолекулярный катионный водорастворимый полимер линейно-циклической структуры (торговое название ВПК-402 (ОАО «Башкирская содовая компания», город Стерлитамак);
- Акремон В-1 – водополимерный композиционный материал на основе карбоновых кислот

В качестве поверхностно-активного вещества применяли карбоксилат оксиэтилированных нонилфенолов, 35% - Карбоксилав АФ 6.35.

Объектами исследования служили текстильные материалы из сурового и/или отбеленного льна.

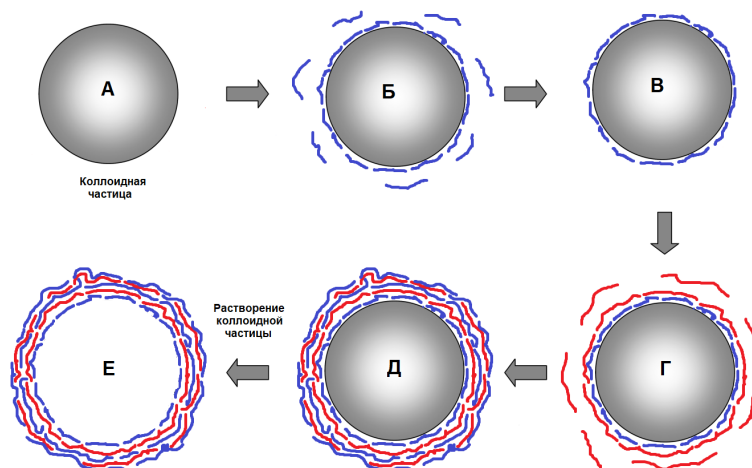


Рис.1. Схема образования микрокапсул с применением разноименно заряженных полиэлектролитов

В качестве темплатов использовались сферические коллоидные частицы  $\text{CaCO}_3$ , которые получали при смешивании растворов  $\text{CaCl}_2$  и  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Реакцию проводили при комнатной температуре ( $18^\circ\text{C}$ ) при перемешивании. Выделившиеся темплаты  $\text{CaCO}_3$  отмывали от ионов  $\text{Na}^+$  и  $\text{Cl}^-$  дистиллированной водой и выпаривали.

Для нанесения полиэлектролитных слоев на частицы использовали метод полиионной сборки, который осуществлялся последовательной обработкой разноименно заряженными полиэлектролитами. Так как ядра карбоната кальция имеют отрицательный поверхностный заряд, первым слоем наносили положительно заряженный полиэлектролит – ПДАДМАХ. Для этого к 1,0 г ядер добавляли 100 мл раствора полиэлектролита, концентрацией 0,1 % приготовленного в присутствии 0,5 моль/л хлорида натрия - суспензию перемешивали. После адсорбции каждого полиэлектролитного слоя суспензию центрифугировали и частицы трижды промывали дистиллированной водой. Затем проводили такую же процедуру, используя раствор отрицательно заряженного полиэлектролита Акремона-В-1, концентрацией 0,05 %. Далее методом поочередной адсорбции противоположно заряженных макромолекул на коллоидных частицах можно получить оболочку, состоящую из нужного числа слоев. Полученные темплаты промывали 3 раза дистиллированной водой, высушивали. В приготовленный раствор ЦД с встроенной аминокислотой вводили темплаты и выдерживали в течение 3-48 часов; супернатант удаляли из системы, промывали дистиллированной водой. Разноименно заряженные полиэлектролиты добавляли поочередно, формируя оболочку от 4 до 8 слоев. Получение проницаемых капсул осуществляли путем растворения ядер  $\text{CaCO}_3$  при добавлении тринатриевой соли этилендиаминтетрауксусной кислоты (ЭДТА). Карбонат кальция из капсулы удаляли посредством образования устойчивого комплекса кальция с ЭДТА. С этой целью 0,2 М водный раствор ЭДТА (рН 7,5) приливали к суспензии капсул и

перемешивали в течение определенного времени, затем три раза промывали дистиллированной водой.

С целью оптимизации процесса на всех этапах проведения эксперимента варьировали время перемешивания суспензии (от 0,5 до 10 мин). При этом методом лазерной дифракции на приборе Analysette 22 NanoТес контролировали размеры получившихся частиц карбоната кальция. На рис. 2 в качестве примера представлены кривые распределения частиц по размерам при перемешивании в течение 1(а) и 10 (б) мин.

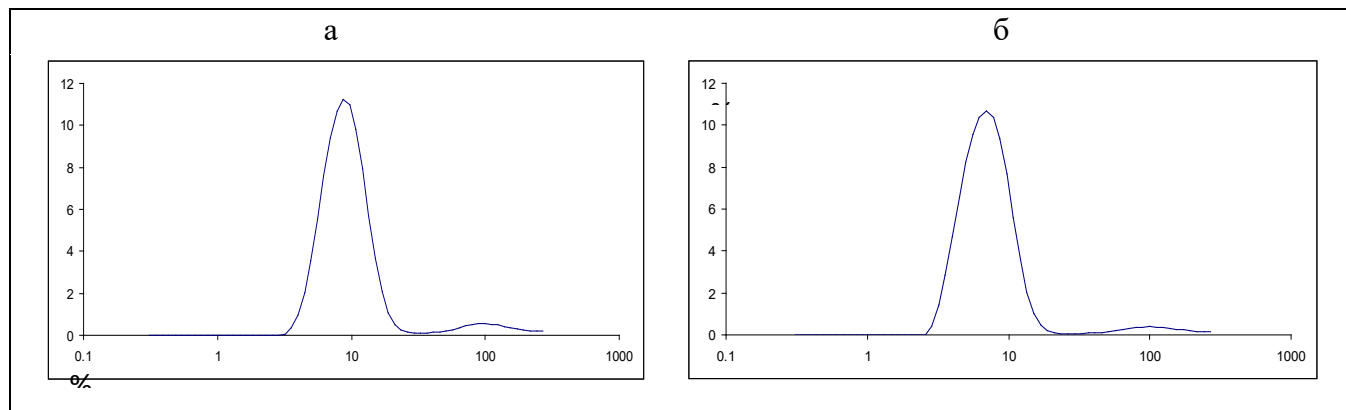


Рис. 2. Изменение размеров частиц карбоната кальция в зависимости от времени перемешивания

Обобщение результатов проведенных экспериментов, представленное на рис.3 свидетельствует о том, что при увеличении времени перемешивания изменение размеров частиц происходит ступенчато в зависимости от времени в диапазоне от 9,0 до 7,0 мкм. Перемешивание смеси более 5 минут не приводит к изменению размеров синтезированных частиц.



Рис.3. Изменение размерных характеристик частиц CaCO<sub>3</sub> в зависимости от времени перемешивания.

Таким образом, варьируя условия проведения процесса, можно получать закрепленные на льняном волокне микроферолиты на основе ЦД, удерживающего активное вещество со средним диаметром от 6 до 9 мкм и достаточно узким распределением по размеру (рис. 4).

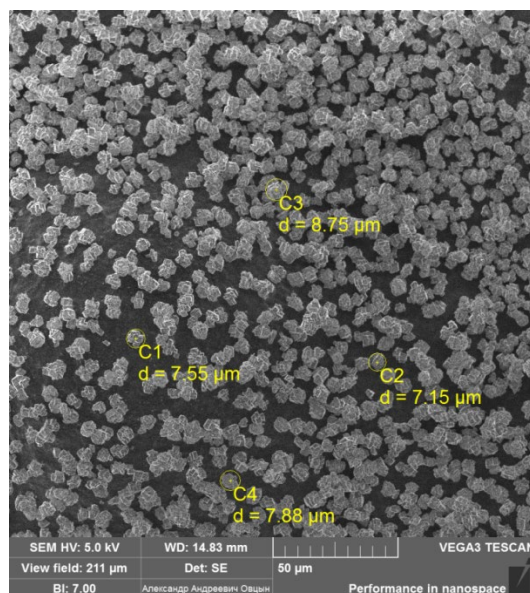


Рис.4. СЭМ-фотографии микросферулитов при увеличении 50 мкм

На следующем этапе работы планируется совершенствование разработанной методики и испытание биологической активности полученного материала.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Vyas, A. Cyclodextrin based novel drug delivery systems / A. Vyas, S. Saraf // J. Inclusion Phenom. Macrocyc. Chem. 2008. с.1—2; 23—42;
2. Букреева, Т.В. Нанокапсулы из полимеров / Т.В. Букреева, Л.А. Фейгин // Природа. 2013. № 12. С. 78—84.
3. W. Tong, Layer-by-layer assembly of microcapsules and their biomedical applications / Tong W., Song X., Gao C. // Chem. Soc. Rev. 2012. V. 41. P. 6103—6124

**ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЛЬНЯНОЙ ОДЕЖДЫ  
ЛЕГКОГО И КОСТЮМНОГО АССОРТИМЕНТА,  
СОВМЕЩЕННОЙ С БИМОДИФИКАЦИЕЙ ТКАНЕЙ**

**TECHNOLOGIES FOR THE MANUFACTURE OF LINEN CLOTHING  
LIGHT AND COSTUME ASSORTMENT,  
COMBINED WITH TISSUE BIOMODIFICATION**

Т.С. Солодушенкова<sup>1,2</sup>, Н.Л. Корнилова<sup>1</sup>, Ю.А. Шаммут<sup>1,3</sup>  
T.S. Solodushenkova<sup>1,2</sup>, N.L. Kornilova<sup>1</sup>, Yu.A. Shammut<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Ивановский государственный политехнический университет  
<sup>2</sup>Уфимский государственный нефтяной технический университет

<sup>3</sup>ООО «Лидертекс», г. Иваново

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

<sup>2</sup>Ufa State Petroleum Technical University

<sup>3</sup>LLC «Leadertex», Ivanovo

E-mail: tanyasolodushenkova@mail.ru, nkorn@mail.ru

Рассмотрены варианты мягчения льняных тканей целлюлазными препаратами в стиральном агрегате в сочетании с механическими воздействиями. Представлены результаты снижения жесткости ткани при использовании жидкостного и маломодульного способов обработки. Показано, что сочетание режимов позволяет получать из неумягченной льняной ткани швейную продукцию с заданной степенью мягкости и пластичности в зависимости от проектируемой объемно-силуэтной формы изделия.

**Ключевые слова:** льняные ткани, жесткость, формовочная способность, несминаемость, полуфабрикаты швейных изделий, ферментативное мягчение.

Variants of softening linen fabrics with cellulase preparations in a washing unit in combination with mechanical influences are considered. The results of tissue stiffness reduction when using liquid and low-modulus processing methods are presented. It is shown that the combination of modes makes it possible to obtain sewing products from non-softened linen fabric with a given degree of softness and plasticity, depending on the projected volumetric-silhouette shape of the product.

**Key words:** linen fabrics, stiffness, forming ability, crease resistance, semi-finished garments, enzymatic softening.

Техническая сущность проблемы ограниченного ассортимента льняной швейной продукции связана с повышенной природной жесткостью и сминаемостью исходной льняной ткани, что затрудняет изготовление одежды прилегающего силуэта.

Известны способы снижения жесткости льняных материалов с использованием мягчителей на основе полигидроксильных соединений, четвертичных аммониевых соединений или силиконовых препаратов. Общим недостатком применения полигидроксильных препаратов является легкость их вымывания из материала и необходимость повторного нанесения при проведении каждой последующей стирки. Известны сведения о различных формах и условиях применения силиконовых умягчающих препаратов, например, в липофильных растворителях или в эмульгированной форме. Известно применение для умягчения льняных тканей целлюлазных препаратов Энзитекс (ООО «Фермент», Республика Беларусь) и Vactosol (ф. «Archroma Management GmbH», Швейцария). Известен также ферментативный способ умягчающей отделки льняных тканей с применением композиции карбогидраз, не содержащей целлюлолитических ферментов. Известны технологические варианты энзимной обработки швейных изделий, изготовленных из неумягченных льняных тканей. В этом случае устраняются вышеотмеченные проблемы кроя умягченных тканей, а также повышенных затрат на их приобретение, включая стоимость

умягчения межлекальных вырезов в раскладках деталей. Вместе с тем появляются новые трудности и недостатки, среди которых, прежде всего, нужно отметить усадку материала с различными ее значениями в направлении нитей основы и утка, а также для различных видов нитяных швов, что искажает размер и форму изделия. Умягчению подвергаются и швы на опорной поверхности, в результате чего ухудшается формоустойчивость [1, 2, 3].

Предполагается освоить новый подход к решению проблемы – зональное мягчение швейных изделий. Этот метод позволит получать из неумягченной льняной ткани швейную продукцию с заданной степенью мягкости на разных участках детали(ей) и узлов изделия.

Для реализации технологии изготовления льняных изделий, совмещенной с мягчением полуфабриката, планируется использование жидкостного и маломодульного способов ферментативной обработки. Принципиальное отличие протекания процессов маломодульной биохимической модификации льняного волокна от условий жидкостного способа обработки текстильных материалов растворами ферментных препаратов обусловлено разным количеством жидкости, поглощаемой волокнистым субстратом.

Жидкостной способ ферментативного мягчения предусматривает обработку полуфабрикатов швейного изделия в большом объеме раствора биопрепарата, обеспечивающем набухание льняного волокна.

Маломодульный способ предполагает обработку полуфабрикатов швейного изделия малым объемом раствора биопрепарата, позволяющим заполнить межнитяные и межволоконные пространства ткани без набухания льняного волокна.

Для реализации жидкостного способа ферментативного мягчения в стиральном агрегате исследованы два варианта режимов Ж1 – интенсивное перемешивание механической мешалкой с введением в раствор керамических шариков для имитации эффекта «мокрое трение»; Ж2 – без гидродинамического воздействия с проведением после сушки механического ворсования материала с изнаночной стороны.

В основе маломодульного способа ферментативного мягчения с использованием исследуемого варианта обработки лежит регулирование количества наносимого на материал технологического раствора методом пропитки на двухвальной плюсовке с контролируемой степенью отжима (привеса) ткани. Изменение содержания жидкости в структуре материала достигается в данном варианте путем регулирования усилия сжатия в валковой паре.

Исследованы два варианта режимов маломодульного способа М1 – степень отжима 100%, время выдержки полуфабрикатов в воздушном термостате в течение 60 мин; М2 – степень отжима 100%, время выдержки полуфабрикатов в воздушном термостате в течение 60 мин с дополнительным ворсованием изнаночной поверхности образцов. Характеристика исходных тканей представлена в таблице 1.

Таблица 1

Характеристика испытуемых чистольняных одежных тканей

Обозначение ткани	Переплетение	Поверхностная плотность, $M_s$ , г/м <sup>2</sup>	Жесткость по ГОСТ 10550-93	
			основа	уток
ОМ 1	полотняное	228	40,20	25,80
ОМ 2	полотняное	164	52,70	36,77
ОМ 3	полотняное	124	90,5	18,07
ОМ 4	полотняное	90	22,21	12,58
ОМ 5	полотняное	140	14,00	10,26

На рис. 1 представлены данные изменения показателя жесткости [1, 5] тканей по основе и утку после умягчающей отделки с применением разных режимов жидкостного и маломодульного способов.



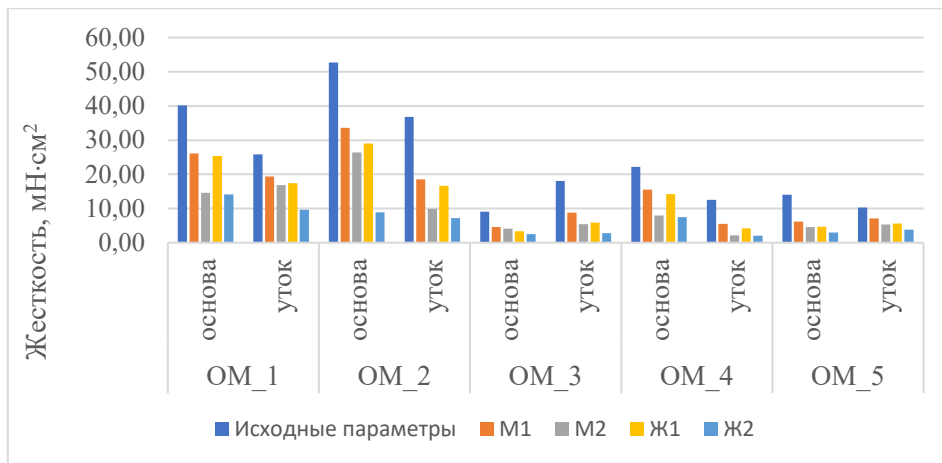


Рис. 1. Изменение показателя жесткости тканей ( $EI_{тк}$ , мН·см<sup>2</sup>) по основе и утку после умягчающей отделки жидкостным (Ж1, Ж2) и маломодульным (М1, М2) способами

Установлено, что все режимы обеспечивают существенное снижение жесткости материалов (1,1 – 6,4 раз). Однако по сравнению с жидкостным способом мягчения льняных полуфабрикатов, маломодульный способ дает меньший эффект (1,3 – 1,6 раз).

Относительно режимов с дополнительным механическим воздействием (ворсование) следует отметить, что в целом эффективность ворсования не значительна и максимальная при использовании жидкостного способа мягчения, при котором дополнительное снижение жесткости составляет 1,1-1,9 раз.

Экспериментально установлено, что изменение показателя жесткости, достигнутого в процессе мягчения, сохраняется в процессе эксплуатации для всех видов используемых материалов (изменение показателя  $EI_{тк}$  после пяти аквастирок не превышает 5%, что сопоставимо с погрешностью измерений).

Показатель формовочной способности (ФС) характеризует деформацию материала при изгибе под действием собственного веса. Результаты измерения показателя [5] для испытуемых образцов льняных тканей приведены на рис. 2.

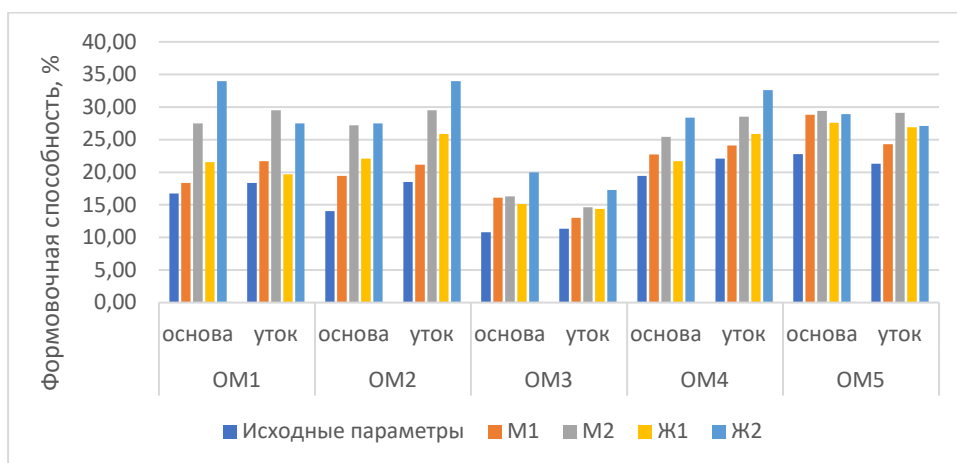


Рис. 2. Изменение показателя формовочной способности тканей (ФС, %) по основе и утку после разных режимов умягчающей отделки

Как видно из рисунка 2, формовочная способность всех материалов увеличивается после умягчающей отделки. Приращение формовочной способности составляет 1,21-2,05 раза.

Результаты оценки показателя несминаемости ( $H$ , %) [5] исследуемых образцов льняных тканей представлены на рис. 3.

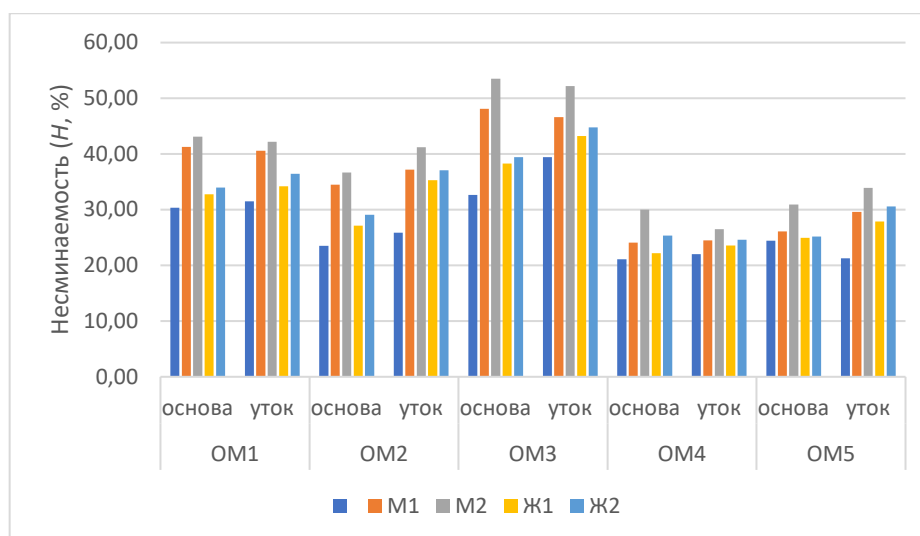


Рис. 3. Изменение показателя несминаемости ( $H$ , %) по основе и утку после разных режимов умягчающей отделки

Представленные данные наглядно отражают важную особенность ферментативной умягчающей обработки: наибольшее приращение несминаемости наблюдается у наиболее проблемных тканей – с высокой исходной жесткостью и низким содержанием гемицеллюлоз, в частности, для тканей OM1, OM2 и OM3.

Следует отметить, что все режимы обеспечивают существенное повышение несминаемости материалов (1,02 – 1,64 раз). При этом по сравнению с жидкостным способом мягчения льняных полуфабрикатов, дающим повышение несминаемости в 1,02 – 1,43 раза, исследуемый маломодульный способ дает больший эффект (1,06– 1,64 раз). Наиболее эффективно использование режимов M2.

Таким образом, апробированные варианты умягчающей обработки льняных тканей позволяют получить взаимодополняющие технологически важные эффекты снижения жесткости, возрастания формовочной способности и повышения устойчивости к сминающим нагрузкам. Диапазон уменьшения показателя жесткости костюмных тканей с разными структурными параметрами составляет от 4,44 до 43,8 мН\*см<sup>2</sup> с возможностью регулирования относительных изменений от 1,1 до 6,4 раза. Интервал нарастания формовочной способности составляет от 3,2 до 16 % с возможностью регулирования прироста при использовании разных режимов умягчения материала от 1,1 до 2 раз. Величина прироста показателя несминаемости относительно уровня исходных тканей составляет от 4 до 25 %; выбор режима обработки позволяет регулировать относительный прирост показателя в интервале от 1,07 до 1,64 раза.

Следовательно, варьирование различных вариантов обработки при использовании одних и тех же ферментных препаратов позволяет изменять жесткость исходного материала в широком диапазоне. Данное свойство предложено использовать при разработке технологии изготовления изделий легкого ассортимента, совмещенной с биомодификацией ткани.

На рис. 4 приведен пример разбиения платья женского с отрезной юбкой из платьевой чистольняной ткани. Для комбинации вышеуказанных режимов на рис.5. представлена блок-схема изготовления женского платья [4].

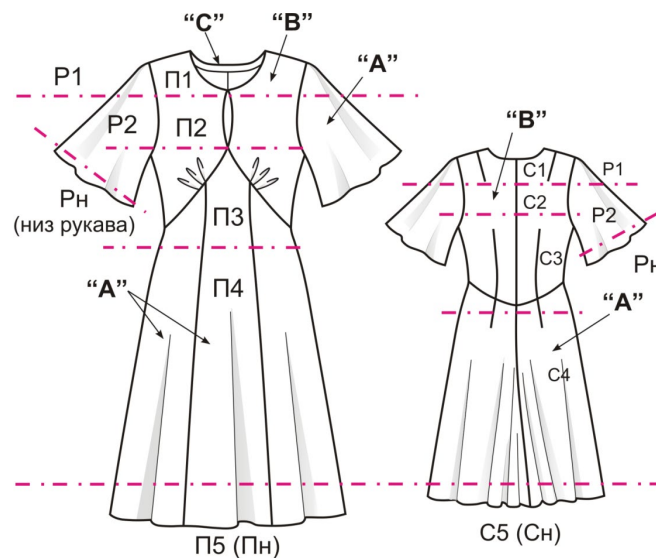


Рис. 4. Модель платья мягко-фиксированной формы

Узлы полуфабриката разделили на три группы для проведения разных режимов отделки. В группу «А» объединили узлы нижней части платья, которым необходимо придать максимальный уровень несминаемости, а также детали рукавов, имеющие мягко-пластичную форму. В группу «В» объединили узлы переда, спинки, для которых допустимы более низкие показатели устойчивости к смятию. В отдельную группу «С» вошли детали обтачки горловины, для которых необходимо сохранение жесткости материала для качественной обработки выреза и краев горловины. Модель имеет умеренную объемную мягко-фиксированную форму в зонах П1; П2; С1; С2; Р1 и большую объемную мягко-пластичной форму в зонах П3; П4; П5; С3; С4; С5; Р2 и Рн [4].

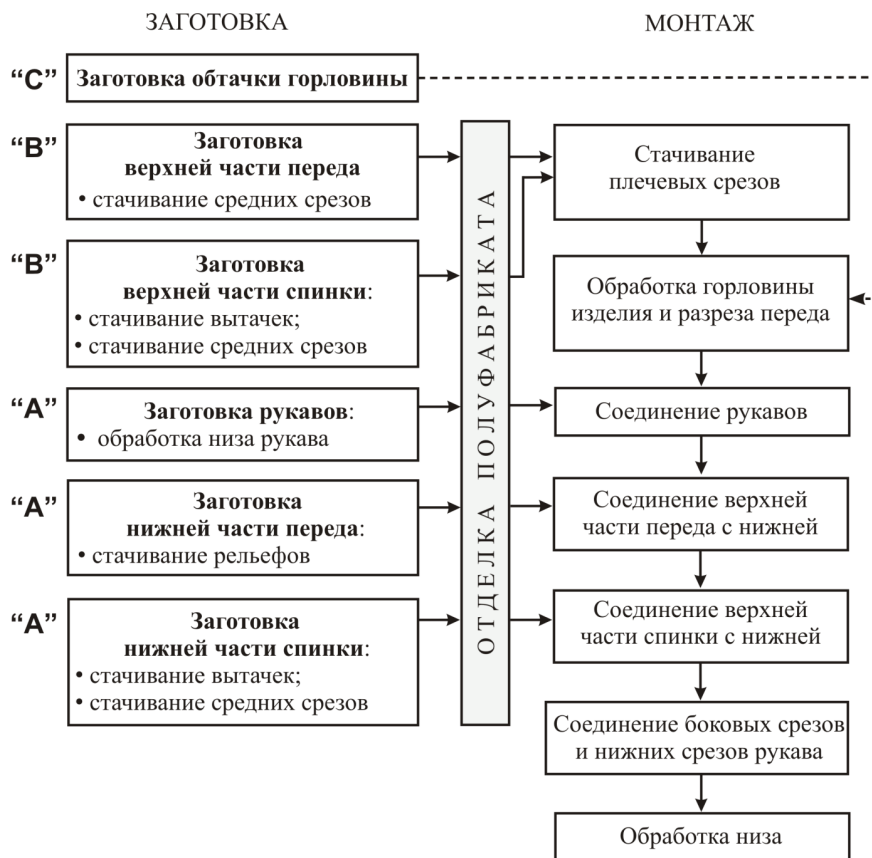


Рис. 5. Этапы технологической обработки платья, совмещенной с ферментативным мягчения ткани

Основные характеристики продукта и преимущества перед аналогами представлены в таблице 2.

Таблица 2

Основные характеристики продукта и преимущества перед аналогами

Параметр	Создаваемый продукт	Конкурент 1	Конкурент 2
Технические параметры	одежда льняная градиентно умягченная	изделия из неумягченной ткани	изделия из умягченной ткани
Жесткость изделия, мН*кв.см	1,5-2,5 (низ платья, юбок) 3-6 (низ жакета, пиджака) 6-15 (зона плеч)	от 6 до 50 (одинаковая по всей поверхности)	от 1,5 до 15 (одинаковая по всей поверхности)
Несминаемость, %	27 - 40	15 - 30	20 - 30
Формовочная способность, %	14 - 34	10 - 16	15 - 25
Усадка после 5-ти аквастирок, %	не более 1	5 - 7	1 - 3
Стоимость: - платье - костюм женский	не более 2350 не более 5500	1350-3700 4030-5580	3500-6800 5000-7000
Страна- производитель	ООО ЛидерТекс (РФ)	ООО Ришелье (РФ); Китай, Англия	ООО Волтри (РФ); Республ. Беларусь

Современные тенденции рациональной организации промышленного производства одежды из целлюлозных материалов предусматривают перенос операций финишной отделки в технологический цикл изготовления швейной продукции. Поэтому технология изготовления льняной одежды, совмещенная с биомодификацией тканей, является актуальной и позволит получать на предприятиях малой мощности из неумягченной льняной ткани небольшие партии одежды с заданной степенью мягкости; расширить ассортимент выпускаемой одежды из льняной ткани.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Т.С. Солодушенкова, Е.А. Шолохова, О.В. Радченко. Сравнение характеристик льняных материалов до и после мягчения. Молодые ученые – развитию Национальной технологической инициативы (ПОИСК – 2021): сб. материалов Национальной (с международным участием) молодежной научно-технической конференции. – Иваново: ИВГПУ, № 1. С. 126-129.
2. О.В. Радченко, Н.Л. Корнилова, П.А. Овсянникова, Ю.А. Шаммут, Т.С. Солодушенкова. Разработка технологии изготовления льняной одежды совмещенной с биомодификацией тканей. Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности № 2, 2021.

3. Алеева С.В. Методологические основы совершенствования процессов биохимической модификации льняных текстильных материалов: автореф. дис. докт. техн. наук / Алеева Светлана Владимировна; ИХР им. Г.А. Крестова РАН, г. Иваново, 2014. — 34 с.
4. Корнилова Н.Л., Кокшаров С.А., Радченко О.В., Арбузова А.А., Шаммут Ю.А. Методы зонированного регулирования упруго-деформационных свойств пакета материалов швейного изделия // Известия вузов. Технология текст. промышленности, 2019, № 6. С. 22-28.
5. Радченко О.В., Овсянникова П.А., Шаммут Ю.А. Исследование жесткости чистольняных тканей // Сборник научных трудов Международной научной конференции, посвященной 110-летию со дня рождения профессора А.Г. Севостьянова. (10 марта 2020 г.). Часть 2. – М: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2020. – 302 с. С. 70-76.

## МАЛОРАСТЯЖИМЫЕ ТЕКСТИЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

### LOW-TENSILE TEXTILE MATERIALS

А.С. Степаненко, С.И. Пивкина  
A.S. Stepanenko, S.I. Pivkina

Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина  
(Технологии. Дизайн. Искусство.), Москва  
A.N. Kosygin Russian State University (Technologies. Design. Art.), Moscow  
E-mail: stepa199821010@mail.ru, yusmk@mail.ru

**Проведен обзор технических текстильных материалов и их области применения. Выявлены общие критерии для выработки текстиля технического направления и ряд необходимых доработок в производстве материала. Рассмотрены – огнеупорные материалы, одноразовые медицинские нетканые материалы, технический текстиль для космической деятельности.**

**Ключевые слова: технический текстиль, малорастяжимость, экологичность, нетканые материалы, огнеупорный текстиль, медицинский.**

**The review of technical textile materials and their application areas is carried out. The general criteria for the development of technical textiles and a number of necessary improvements in the production of the material are identified. Considered are refractory materials, disposable medical non-woven materials, technical textiles for space activities.**

**Keywords: technical textiles, low-viscosity, environmental friendliness, non-woven materials, refractory textiles, medical**

В настоящее время существует достаточно обширный ассортимент текстильных материалов, начиная от бытового текстиля и заканчивая техническим. Текстильные материалы технического назначения занимают особое место в сфере легкой промышленности. Они выполняют значимые функции, используемые в медицинских, пожарных и даже космических структурах. В рамках проводимого исследования, связанного с получением трикотажных структур пониженной растяжимости, были рассмотрены несколько научных работ, по получению и исследованию основных свойств современных малорастяжимых текстильных материалов.

Основными малорастяжимыми текстильными материалами, как известно, являются ткани и нетканые материалы. На основе тканей и нетканых материалов сегодня производят большой процент огнеупорных, сверхпрочных, а также медицинских материалов, специализированные свойства которых достигаются использованием специально подготовленного сырья. Технологии производства трикотажных технических полотен из металлических и технических монокитей, на вязальном оборудовании различного типа, становятся все более актуальными.

Так в статье Р.Н. Сабирзянова об ассортименте огнеупорных текстильных материалов сообщается о том, что существует термоокисленное ПАН волокно (Нитокс), способное выдерживать до 300 градусов по Цельсию и целесообразно использовать данное сырье для создания огнестойких тканей [1]. При этом материал получается прочным и малорастяжимым [2].

Авторы Н.М. Тимошин и Ю.А. Тимошина в статье о нетканых материалах медицинского назначения рассматривают варианты получения малорастяжимого текстиля из нетканых полотен. Приоритет в таких материалах – гигиеничность, также авторы предлагают еще один критерий – быстрое разложение. Достаточно важный пункт, который не усугубит экологическую обстановку в мире. Авторами были предложены материалы на базе

полипропиленовых волокон, выполненных по технологии спанбонд (технология утоньшения посредством плавления волокон). Из таких материалов целесообразно производить одноразовые текстильные материалы, однако данный метод подлежит доработке [3].

Также нетканые материалы используются в строительной сфере. Такие полотна имеют название – геотекстиль. Авторы С.В. Илюшина, А.И. Бугаева и др. пишут о том, что геотекстиль позволит решить ряд проблем в кладке асфальта на российских дорогах. Суть в том, чтобы увеличить несущую способность в основании дорожного полотна, повысить устойчивость откосов и т.д. В таком случае, материал также является малорастяжимым и экологически безопасным. Геотекстиль вырабатывают иглопробивным способом холста, основанный на использовании давления насечек игл. Иглы проходят через холст, протягивают волокна в поперечном направлении. Такая технология позволяет получить нетканые материалы различной удельной плотности.

Конструкция и размеры игл определяют параметры технологического процесса: глубину прокалывания, плотность прокалывания, возможность и необходимость применения тканого каркаса и т.д. [4].

Малорастяжимые трикотажные полотна, также используются сегодня в различных спец.отраслях. Известны работы о применении основвязанных трикотажных полотен в космической и медицинских отраслях. Современные основвязанные металлотрикотажные полотна производят сегодня на основе стальных, молибденовых, а также титановых проволок [5,6,7]. В статье о будущем текстиля в космосе, Хохлов А. пишет о металлических малорастяжимых полотнах, которые используют в составе корпусов космических аппаратов. Также автор предполагает использование технического текстиля в создании скафандров и других защитных комплексах в космосе. Материал для создания скафандров обладает рядом свойств – малорастяжимость, антимикробность, негорючесть и т.д. [8].

Таким образом, при исследовании представленных выше статей, был выявлен ряд общих критериев для выработки технического текстиля. Такой материал должен быть малорастяжимым, достаточно прочным, антимикробным и экологически безопасным для использования на долгосрочной основе и утилизации в будущем.

На базе исследования материалов и технологий получения технического текстиля, предлагается в качестве современного материала с малорастяжимыми свойствами использовать, мало применяемый сегодня в технической сфере, трикотаж кулирного способа производства на основе уточных переплетений. Известно, что кулирный трикотаж, по сравнению с основвязанным, имеет более быстрый цикл производства. При этом такие положительные свойства основвязанного трикотажа как устойчивость структуры к разрезанию, могут быть обеспечены и в кулирном трикотаже при использовании современного сырья и технологий.

Разрабатываемые трикотажные материалы на основе кулирной технологии уточных переплетений, получены на универсальном современном оборудовании фирмы Штоль, снабженной прижимной прессовой лапкой, которая обеспечивает надежное прокладывание уточной нити к петлям, образующим грунт полотна, что позволяет получать малорастяжимое по ширине трикотажное полотно, при этом растяжимые свойства по длине материала полностью сохраняются. Вместе с тем, проводятся исследования по способу прокладывания уточной нити на любом типе универсального оборудования, а также при использовании в качестве уточной нити специальной легкоплавкой синтетической нити, которая позволит обеспечить надежное сцепление уточной нити с базовой структурой и придаст полотну заданные свойства.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Вестник Казанского технологического университета, 2014, 101с. Сабирзянова Р.Н., Красина И.В., статья «ассортимент и область применения огнестойких текстильных материалов»

2. Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности, статья «требования к огнезащитным трикотажным полотнам», Шамиданова А.Б, Заваруев В.А., Рябова И.И.
3. Вестник Казанского технологического университета. 2017.Т.20 №5, Нетканые материалы медицинского назначения, Тимошин Н.М., Тимошина Ю.А.
4. Вестник Казанского технологического университета, 2017, Т.20 №5, с. 63, статья «Применение геосинтетических нетканых материалов в дорожном строительстве, Илюшина С.В., Бугаева А.И., Красина И.В., Минязова А.Н.
5. Разработка технологии производства металлотрикотажных сетеполотен для изделий космической и наземной систем связи: автореферат дис. ... доктора технических наук: 05.19.02 / Моск. гос. текст. ун-т им. А.Н. Косыгина. - Москва, 2006. - 37 с., Заваруев В.А.
6. Сборник материалов международной научно-технической конференции. 2016, Издательство: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Московский государственный университет дизайна и технологии" (Москва), статья «зависимость контактных сопротивлений в металлотрикотаже от контактных усилий», Заваруев В.А., Беляев О.Ф., Халиманович В.И.
7. Вестник Томского государственного университета 2017, № 49, Математика и механика. Статья «использование нелинейной теории упругости и метода подобия для оценки деформационных свойств металлотрикотажных сетеполотен», Заваруев В.А., Беляев О.Ф., Халиманович В.И., Кудрявин Л.А.
8. <https://newsland.com/community/8223/content/budushchee-tekstilia-v-kosmose/6608406>



## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕРИАЛА «TYVEK» ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ВЕРХНЕЙ ОДЕЖДЫ**

### **USE OF «TYVEK» MATERIAL FOR OVERWEAR MANUFACTURING**

П.Ю. Стрельцовайте, М.Р. Смирнова  
P.Y. Streltsovayte, M.R. Smirnova

Ивановский государственный политехнический университет  
Ivanovo State Polytechnic University  
E-mail: pol.denga@yandex.ru, aniram.annyskha@yandex.ru

**Рассмотрен новый материал тайвек и его характеристики с точки зрения применения в швейной и текстильной промышленности. Показаны примеры успешного применения материала в изготовлении изделий известных брендов – ADIDAS, North Face.**

**Ключевые слова: тайвек; инновации; дизайн; проектирование изделий.**

**A new material Tyvek and its characteristics from the point of view of application in the clothing and textile industries are considered. Shown are examples of the successful application of the material in the manufacture of products of well-known brands - ADIDAS, North Face.**

**Key words: tyvek; innovation; design; product design.**

Тайвек (англ. Tyvek) — торговое название нетканого материала, разработанного компанией DuPont (Дюпон), под которым поставляется семейство прочных долговечных полотен, изготовленных на 100% из полиэтилена высокой плотности (HDPE). Первоначально полотно образуется формованием непрерывных пучков очень тонких взаимосвязанных волокон, которые затем соединяются под воздействием тепла и давления [1].

Тайвек сочетает в себе характеристики бумаги, плёнки и ткани в одном материале, поэтому он может использоваться в самых различных областях применения, где необходима прочность, влагонепроницаемость, паропроницаемость, небольшой вес, стойкость к механическим и химическим воздействиям. Кроме того, тайвек не выделяет волокнистого ворса, непрозрачен и имеет гладкую поверхность.

В процессе производства материала можно менять скорость укладки и условия связывания, в результате чего получаются материалы, ориентированные на различные области применения. Например, сорта тайвека мягкой структуры (они представляет собой листовой материал с точечными связями с тиснёным рельефом) изготавливаются для применения в текстильной промышленности. Такой вид материала может быть предложен для использования в швейной промышленности, поскольку с помощью его структуры возможно получение мягких и объёмных форм в изделиях, с величинами основных прибавок характерных для изделий оверсайз. Тайвек с жесткой структурой требует дополнительного изучения, но может быть предложен как для галантерейных изделий, так и для швейных изделий определённого назначения – ветровок простых форм, пыльников.

Актуальность использование нового материала подтверждается целым спектром его преимуществ:

- он экологичен и гипоаллергенен;
- обеспечивает отличный воздухообмен и защиту от влаги;
- невероятно легкий, мягкий и эластичный;
- устойчив к механическим и химическим повреждениям;
- обладает высокой прочностью на разрыв;

- легкостью;
- водонепроницаемостью;
- устойчив к истиранию и многократным изгибам;
- обладает постоянством размеров;
- имеет умеренную стоимость.

Главная особенность тайвека – это совершенно потрясающая гладкая фактура, напоминающая бумагу, поэтому при проектировании коллекций эта особенность может стать главным композиционным акцентом.

Первым дизайнером, который обратил внимание на данный материал, стал Эктор Миджангос. Его уникальные коллекции (рис. 1) [2], сделанные полностью из высокотехнологичного материала, потрясли воображение и стали прорывными в только зарождающейся тогда моде на Tech Wear. На протяжении нескольких лет тайвек начал использоваться многими крупными брендами – ADIDAS (рис. 2) [3], Calvin Klein, Northe Face (рис. 3) [4].



Рис. 1. модели из коллекции дизайнера Эктора Миджангос изготовленные из материала тайвек



Рис.2. мужская куртка из материала тайвек бренда ADIDAS



Рис 3. плащ и бомбер из коллекции The North Face Black Series Aluminium Tyvek

Материал пригоден для проектирования одежды в различных стилях и для различных возрастов. Рюкзаки и разнообразные сумки из тайвека эффектно дополняют образ в спортивном, городском и деловом стиле.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Свободная энциклопедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Тайвек>, свободный. – дата обращения: 12.09.2021
2. Электронный журнал [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://techuntermagazine.ru/interviews/hector-mijangos-interview/>, свободный. – дата обращения: 12.09.2021
3. Интернет-магазин [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://oneteam.com.ua/adidas-magazin-dlya-muzhchin/odezhda/vetrovki-adidas-muzhskie/vetrovka-promo-nmd-m-br9823>, свободный. – дата обращения: 12.09.2021
4. Интернет-магазин [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.thenorthface.eu/en\\_lu/blackseries.html?gender=men](https://www.thenorthface.eu/en_lu/blackseries.html?gender=men), свободный. – дата обращения: 12.09.2021

**РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ 3D МОДЕЛИРОВАНИЯ  
ВОЛОКНИСТОЙ АРМИРУЮЩЕЙ КОМПОНЕНТЫ И РАСЧЕТА ЕЕ  
СТРУКТУРНОЙ ГЕОМЕТРИИ ПО ЗАДАНЫМ ПАРАМЕТРАМ ТКАНОГО  
ПОЛОТНА И НИТЕЙ\***

**DEVELOPMENT OF A SOFTWARE COMPLEX FOR 3D MODELING OF A FIBROUS  
REINFORCING COMPONENT AND CALCULATION OF ITS STRUCTURAL  
GEOMETRY ON THE SET PARAMETERS OF WOVEN FABRIC AND THREADS**

И.А. Суворов<sup>1</sup>, В.Б. Кузнецов<sup>1</sup>, Е.Н. Калинин<sup>1</sup>, Б.Е. Манин<sup>2</sup>, Т. Грис<sup>2</sup>  
I.A. Suvorov<sup>1</sup>, V.B., Kuznetsov<sup>1</sup>, E.N. Kalinin<sup>1</sup>, B.E. Manin<sup>2</sup>, T. Gries<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>Институт текстильных технологий Рейнско-Вестфальский технический университет,  
г. Ахен, Германия

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

<sup>2</sup>Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule, Aachen, Germany

E-mail: suvorov@live.it, ershovsv.iv@yandex.ru, kuznetsovtext@gmail.com, enkalini@gmail.com,  
boris.manin@ita.rwth-aachen.de, thomas.gries@ita.rwth-aachen.de

**Аннотация.** В работе представлены результаты разработки программного комплекса для твердотельного моделирования волокнистых армирующих структур и расчета их геометрии по заданным структурным параметрам тканого полотна и нитей. Для описания последовательности выполняемых процедур программного комплекса был разработан алгоритм, описывающий систему реализуемых команд и состоящий из ключевых блоков переменных и блоков выполняемых математических операций. На основании полученных результатов исследований сделан вывод об эффективности применения разработки.

**Ключевые слова:** полимерный композитный материал, топологическая оптимизация, армирующая текстильная структура, процесс пропитки, разработка, твердотельное моделирование.

The article presents the results of developing a software package for solid-state modeling of fibrous reinforcing structures and calculating their geometry for given structural parameters of woven fabric and threads. To describe the sequence of performed procedures of the software complex, an algorithm was developed that describes the system of implemented commands and consists of key blocks of variables and blocks of performed mathematical operations. On the basis of the obtained research results, a conclusion was made about the effectiveness of the application of the development.

**Keywords:** polymer composite material, topological optimization, reinforcing textile structure, impregnation process, development, solid modeling.

Ранее были определена актуальность разработки программного обеспечения для трехмерного моделирования волокнистых армирующих структур в плане перспектив использования для синтеза полимерных композитных материалов (ПКМ) [1] на основе созданных параметрических 3d-моделей [2].

Цель работы заключается в разработке программного инструмента с графическим пользовательским интерфейсом для твердотельного моделирования полимерных волокнистых армирующих структур и расчета их оптимальной геометрии по заданной топологии структурных параметров тканого полотна.

На этапе создания графического интерфейса был разработан алгоритм реализации, блок-схема которого представлена на рис. 1, и содержит три ключевых этапа:

- операции по анализу данных (геометрических параметров нитей основы и утка);
- моделирование элементарной ячейки волокнистой армирующей структуры;
- операции по решению задач моделирования тканых армирующих структур;

Средствами программных процедур выполнена обработка заданных геометрических параметров нитей основы и утка, углов их плетения. При этом использованы среда динамического моделирования сложных технических систем Simulink, как инструмент для модельно-ориентированного проектирования, с применением математических операции и ключевых переменных, получаемых средствами системы MatLab [7].

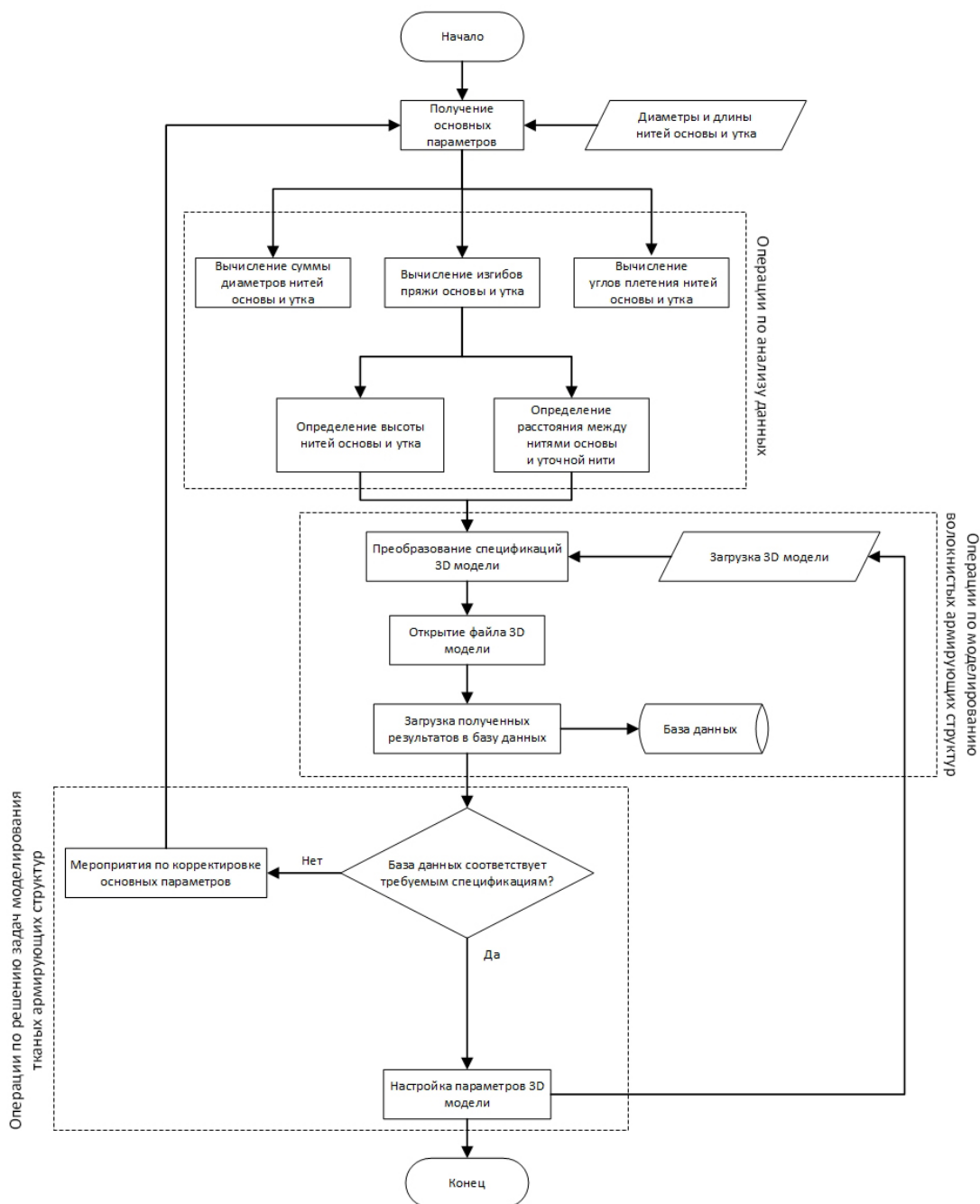


Рис. 1. Алгоритм функционирования программного комплекса для трехмерного моделирования волокнистых армирующих структур

На рис.2 показан пример образа графического пользовательского интерфейса программного комплекса для трехмерного моделирования волокнистых армирующих структур и расчета их геометрии по заданным структурным параметрам тканого полотна и нитей, состоящий из полей для ввода заданных структурных параметров нитей и окна для отображения получаемой 3D модели элементарной ячейки армирующей структуры. В качестве стиля оформления графического интерфейса пользователя с целью придания



уникальности оформлению разработанного нами программного комплекса использован так называемый параллакс-эффект, определяемый в системе Fluent Design System [8].

При построении трёхмерной модели в графическом интерфейсе программного комплекса используются разработанные модели-шаблоны в формате \*.stl. Применение моделей в формате \*.stl дает возможность их корректировки в средах для 3D - моделирования [4].

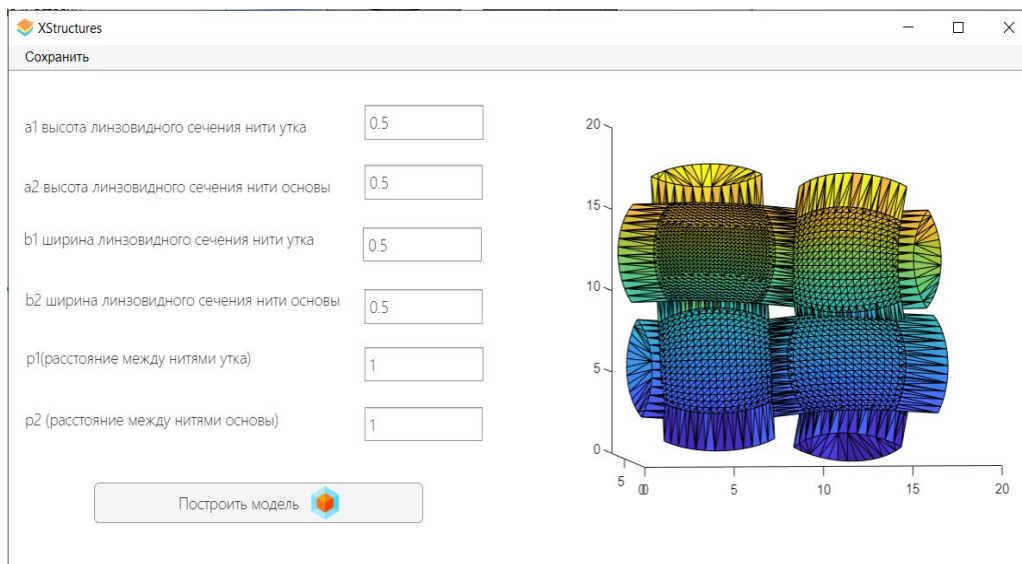


Рис. 2. Графический интерфейс программного комплекса

На рис. 3 изображен модуль коррекции 3D - модели элементарной ячейки армирующей структуры [5,6], который позволяет производить тонкую настройку параметров полученной геометрии нитей. Для работы с 3D - моделями элементарной ячейки в разработанном нами модуле используется формат. wrl. Данный формат представляет собой файл трехмерного векторного изображения, который включает данные о координатах начальной точки обзора, координатах вершин и граней, цветах поверхности, прозрачности, что позволяет выполнять детальную настройку функциональных возможностей разрабатываемой модели.

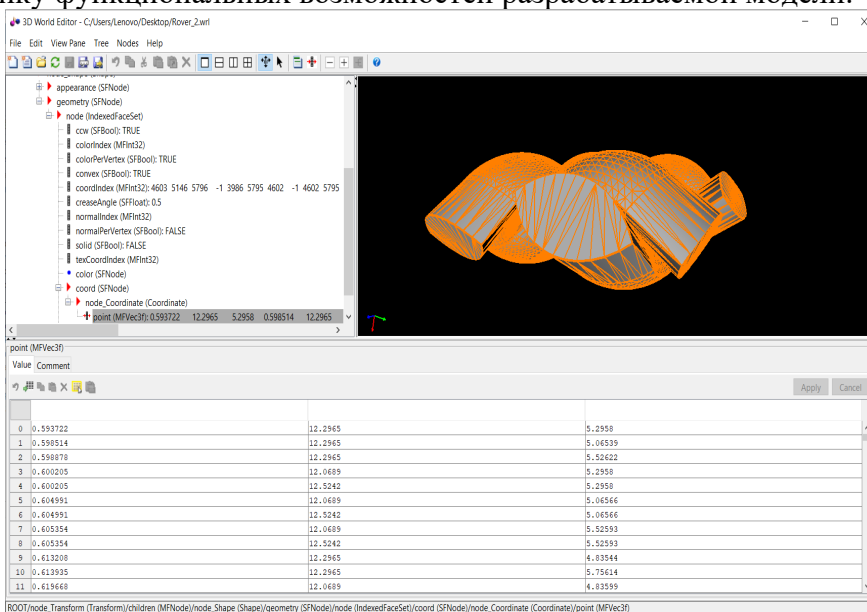


Рис. 3. Графический интерфейс модуля коррекции параметров 3D модели элементарной ячейки

В результате разработки решена задача по созданию и реализации программного комплекса, обеспечивающего численный параметрический анализ геометрической модели армирующей структуры композита с возможностью её последующего пространственного моделирования и возможностью детализации полученной модели.

Системные требования, используемые для запускаемого программного комплекса: количество оперативной памяти, требуемой, составляет 10 Гб, процессор 3.3 ГГц или более, 4 ядра и более и видеокарта 4 Гб, с поддержкой OpenGL используемые параметры обеспечивают высокую эффективность и производительность.

При разработке программного комплекса для проектирования и расчета элементарной ячейки текстильного материала, как армирующей составляющей композита, в качестве входных параметров модельного эксперимента нами использованы данные, полученные из результатов анализа реальных образцов изображения поверхности текстильной структуры, позволившие внести необходимые коррективы, повышающие точность программного решения поставленных задач.

В ходе выполнения разработки программного комплекса для трехмерного моделирования волокнистых армирующих структур и расчета их структурной геометрии по заданным параметрам тканого полотна и нитей, создан графический пользовательский интерфейс и алгоритм его реализации. Использована среда динамического моделирования сложных технических систем, как инструмент для модельно-ориентированного проектирования обеспечивающая точность программного решения поставленных задач. Для выполнения программного комплекса выбрана архитектура процессора.

По результатам модельного эксперимента сделан вывод об эффективности применения разработанного комплекса.

*\*Работа выполнена при поддержке Гранта Фонда содействия инновациям по проекту 15650ГУ «Разработка программного модуля для геометрической оптимизации деталей из полимерных композиционных материалов».*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Суворов И.А., Ершов С.В., Кузнецов В.Б. Разработка параметрической 3D-модели тканой армирующей структуры полимерного композиционного материала: сборник Всероссийской (с международным участием) молодежной научно-технической конференции ПОИСК-2019. 2019. С. 310-312.
2. Суворов И.А., Ершов С.В., Кузнецов В.Б., Калинин Е.Н. Создание параметрической 3d-модели тканой армирующей структуры композиционного материала: сборник Международного научно-практического форума SMARTEX-2019. 2019. С. 194-198.
3. Суворов И.А., Ершов С.В., Кузнецов В.Б., Калинин Е.Н. Разработка специализированного программного средства для построения базы управляющих параметров геометрической модели тканой структуры: сборник Национальной молодежной научно-технической конференции ПОИСК-2020. 2020. С. 650-651.
4. Суворов И.А., Ершов С.В., Кузнецов В.Б., Калинин Е.Н. Разработка программного комплекса для трехмерного моделирования волокнистых армирующих структур: сборник Национальной молодежной научно-технической конференции ПОИСК-2020. 2020. С. 650-651.
5. Chen X. Modelling and predicting textile behavior – 2010. С. 25 – 29.
6. Vassiliadis S. Mechanical Analysis of Woven Fabrics: The State of the Art // Advances in Modern Woven Fabrics Technology – 2011. С. 41 – 61.
7. Центр Инженерных Технологий и Моделирования Экспонента [Электронный ресурс] г. Москва. 2020. URL: <https://exponenta.ru/simulink> (Дата обращения: 10.07.2021).
8. Microsoft Design [Электронный ресурс] URL: <https://www.microsoft.com/design/fluent/> (Дата обращения: 20.08.2021).

## РАЗРАБОТКА МЕТОДА ВИРТУАЛЬНОГО СШИВАНИЯ ЖЕНСКОЙ ОДЕЖДЫ С ПРОГНОЗИРУЕМЫМ УРОВНЕМ КАЧЕСТВА ПОСАДКИ

### DEVELOPMENT OF VIRTUAL WOMEN CLOTHING SEWING IN TERMS OF PREDICTED FIT

Ся Пэн  
Xia Peng

Ивановский государственный политехнический университет  
Ivanovo State Polytechnical University  
E-mail: 1347507286@qq.com

**Разработан метод проверки антропометрического соответствия чертежей модельных конструкций женской одежды морфологическим особенностям аватаров фигур. Метод включает проверку соразмерности чертежей параметрам опорной поверхности фигуры и квалиметрию дефектов посадки на основе разработанной системы показателей.**

**A method of anthropometric verification of women's clothing patterns and its concordance with the morphological features of avatars has been developed. The method involves the checking of proportionality between the patterns parameters and the bearing surface of body and the qualification of fit defects based on the developed system of indicators.**

**Ключевые слова: одежда, виртуальное шивание, чертежи, посадка, соразмерность.  
Keywords: clothing, virtual sewing, patterns, fit, proportionality.**

Чертежи конструкций являются базисом для производства одежды и первым этапом проектирования по схеме 2D→3D [1]. Несмотря на большое количество руководств по построению чертежей базовых конструкций, не все они могут быть применены для кастомизации одежды в условиях виртуальной реальности (VR). В виртуальной реальности (VR), реализуемой в технологиях CLO3D, Marvelous Designer, Optitex, DC Suite и др., существуют структурные проблемы, возникающие во время примерок внешне благополучных чертежей из-за сложно формализуемой процедуры согласования пространственного взаимоположения одноименных антропометрических и конструктивных точек и линий.

Дело в том, что поиск таких пар аналогов точек и линий на поверхности фигуры и чертежах деталей *модельных* конструкций одежды, объединяющихся в единой системе "фигура - одежда" со сложным характером распределения воздушных зазоров, является очень серьезной и многовариантной научно-практической задачей. По причине ее нерешенности в виртуальных моделях одежды происходит нивелирование дефектов посадки, незапроектированное перераспределение прибавок и другие явления, приводящие к появлению существенных отличий между виртуальными двойниками материальных прототипов. Эти ситуации вызывают необходимость изучения и прогнозирования причин дефектов особенно при наличии явных различий между реальной одеждой и ее аналогами в VR.

Часто виртуальная примерка не позволяет выявить все конструктивные ошибки чертежей, особенно те, которые ответственны за появление дефектов посадки, по ряду причин: недостаточности обучающих выборок, сформированных в программах виртуальной реальности; отсутствия формализованных зависимостей между особенностями морфологии и приемами модификации чертежей. Следовательно, для улучшения виртуальной симуляции и получения реалистично выглядящих рендеров одежды необходимо разработать алгоритм квалиметрии чертежей конструкций, определить численные значения критериев и согласовать их между собой и морфологическими признаками аватара фигуры.



Поэтому существует пока нерешенная с точки зрения профессионального конструирования одежды научная проблема по генерированию реалистично-подобных виртуальных двойников.

Цель проекта - улучшение качества проектирования виртуальной одежды.

Для достижения поставленной цели решены следующие задачи:

1. Сформирована базы данных из чертежей модельных конструкций женских блузок разных силуэтов и объемно-пространственных форм и выполнена их группировка [2,3].

2. Проведены антропометрические исследования женских фигур для формирования дополнительной совокупности размерных признаков, которые могут быть использованы для проверки соразмерности чертежей и разметки аватаров [4].

3. Разработан метод виртуального измерения в чертежах модельных конструкций конструктивной прибавки к размерному признаку "Длина спины до талии" как основополагающей для позиционирования любых чертежей модельной конструкции на опорной поверхности аватаров женских фигур.

4. Разработана методика графического анализа чертежей модельных конструкций на основе уплощенных разверток поверхности торса аватаров индивидуальных фигур

5. Разработаны критерии для оценки посадки женской одежды на фигурах

6. Разработана методика корректировки чертежей модельных конструкций с учетом морфологических особенностей женских фигур [5,6].

7. Проведена проверка разработанной сценарной технологии виртуального проектирования женской одежды.

Практическая значимость состоит в создании баз данных и баз правил, необходимых для подготовки чертежей конструкций одежды к виртуальной примерке, их корректировки для исключения появления дефектов посадки и разработки нового алгоритма проведения виртуальной примерки.

Научная новизна работы состоит в обосновании и разработке сценарной технологии подготовки чертежей конструкций для генерирования виртуальной одежды с желаемыми показателями объемно-пространственной формы и качества посадки на аватарах фигур.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кузьмичев, В.Е. Цифровое дизайн-проектирование и оценка виртуальной одежды: перспективы развития после FNUB congress IVANOVO I / В.Е.Кузьмичев, Ц.Янь, П.Ся, С. Ван: Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX), 2020, № 1, с. 56-63.
2. Ся, Пэн. Технология оцифровывания чертежей модельных конструкций для виртуальных примерок / П. Ся, Кузьмичев В.Е., Ю. Ли // Информационная среда вуза: материалы XXIV межд. научн.-техн. конф. 22-23 ноября 2017 года. Иваново, ИВГПУ, с.133-137.
3. Ся, П. Исследование процесса автоматизированного проектирования женских блузок / П. Ся, В.Е.Кузьмичев, Ю. Ли, С. Ван // Молодые ученые - развитию текстильно-промышленного кластера (ПОЙСК-2017): сб. материалов науч.-техн. конф. аспирантов и студентов (с межд. участием). Ч.1.- Иваново: ИВГПУ, 2017, с.120-122.
4. Ся, Пэн. Регулирование антропометрического соответствия между чертежами одежды и виртуальной фигурой / Ся Пэн, В.Е.Кузьмичев, Ю. Ли // Информационная среда вуза: материалы XXIV межд. научн.-техн. конф. 22-23 ноября 2017 года. Иваново, ИВГПУ, с.130-133.
5. Ся, П. Прогнозирование качества чертежей на виртуальных двойниках женских фигур / П. Ся, В.Е.Кузьмичев // Известия вузов. Технология текстильной промышленности, 2019, №4 (382), с.121-127.
6. Xia, P. Virtual method of predicting the accuracy of pattern blocks // X. Peng, V. E. Kuzmichev: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, vol.459 (2019), no. 1, p. 012084, Dec. 2018. // Aegean International Textile and Advanced Engineering Conference (AITAE 2018). doi:10.1088/1757-899X/459/1/012084

**UPCYCLING-БРЕНД "HELENA TADESSE":  
ЭКОЛОГИЗАЦИЯ БРЕНДА ОДЕЖДЫ ЧЕРЕЗ ДИЗАЙН**

**THE UPCYCLING BRAND "HELENA TADESSE": ECOLOGIZATION OF THE  
CLOTHING BRAND BY DESIGN METHODS**

Х.А. Тадессе, Е.В. Максимова  
H.A. Tadesse, E.V. Maksimova

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

Рассмотрен опыт создания студенческого бренда одежды как апсайклинг-стартапа и дизайн методы его экологизации, проанализированы конкурентная среда и дизайн методы аналогичных брендов, которые являются лидерами в данном направлении индустрии моды. Определен потенциал дипломного проекта, завершающего этапа подготовки дизайнеров одежды, как апсайклинг стартапа.

**Ключевые слова:** экология, бренд одежды, экологизация бренда, эко-след, углеродный след, водный след, индустрия моды; коллекция моделей одежды; экоустойчивость.

The experience of creating a student clothing brand as an upcycling startup and design methods for its greening were considered, the competitive environment and design methods of similar brands, which are leaders in this direction of the fashion industry, were analyzed. The potential of the graduation project, the final stage of the training of clothing designers, as an upcycling-startup were identified.

**Key words:** ecology, fashion brand, ECOLOGIZATION, eco-footprint, carbon footprint, water footprint, fashion industry; collection of clothing models; eco-sustainability.

Fast-fashion и избыточное перепроизводство одежды привели к тому, что потребители стали относиться к вещам иначе, чем предыдущие поколения - стали ощутимо меньше их ценить. Модная индустрия долгое время стимулировала быструю оборачиваемость вещей в гардеробе, выпуская "одноразовые" вещи на один сезон. В итоге все это привело к негативному влиянию на планету и изменению климата. Теперь у fashion-брендов есть всего 5-10 лет для решения проблемы "углеродного следа" и сокращения выбросов CO<sub>2</sub>, 90% которых приходится цепочки поставок, транспорт, создание материалов, окраску и придание ему различных свойств. Не менее остро стоит проблема "водного следа" - по данным Всемирного фонда дикой природы (WWF), необходимое количество хлопка, до момента выработки из него такой продукции, как джинсы и футболка, может потребить до 9294 литров воды.

Как молодой дизайнер или студент может повлиять на эту ситуацию? Дипломный проект Х. Тадессе доказывает, что это возможно, на примере создания авторского бренда одежды "Helena Tadesse" как стартапа и его экологизации через дизайн.

Доказано, что 80% экологического следа закладывается на уровне дизайнера, но не все дизайнеры думают об этом. Дизайн — это не эстетические характеристики вещи, а то, как она произведена, доставлена, продана, переработана. Ответственность дизайнера в том, чтобы понимать и учитывать это. Дизайнер может заранее предусмотреть все процессы, делая их наиболее безопасными для экологии. Именно так поступила Х. Тадессе в своей работе над дипломом, осознавая, что эко-подход ограничивает дизайнера во многом и диктует выбор материалов, технологии и бизнес-модели.

В проекте реализован upcycling подход к созданию одежды, который предполагает, в первую очередь, использование материалов с минимальным эко-следом, а также необходимость учитывать особенности таких материалов в планировании стиля и формы

изделий. Эти два фактора лежат в основе разработки моделей upcycling-брюк из денима, бывшего в употреблении, и блузы-оверсайз из трикотажа с использованием межлекальных выпадов для принтованных рукавов. Эти модели представлены на рисунке 1 в виде цельного Upcycling - образа.



Рис. 1. Upcycling - образ из дипломного проекта Х.Тадессе из двух вещей - брюки из денима и блуза-оверсайз с принтованными рукавами

Брюки имеют сложный крой и специально спроектированы так, что для них не нужно подбирать материал одинакового цвета, это невозможно на вторичном рынке, поэтому в дизайне учтено, что могут быть использованы старые или не нужные джинсы практически любых цветов, но составляющих контрастную пару по тону. Блуза-оверсайз также вариативна по дизайну, рукава могут иметь другое решение по рисунку ткани, это не нарушит композицию костюма и пропорциональный баланс гладкокрашенной и принтованной ткани. Нужно отметить, что в изделии были использованы остатки трикотажа от раскроя основной, практико-ориентированной части дипломной коллекции, выполненной для бренда Ивановского трикотажа "Виотекс".

Несмотря на то, что в обоих моделях реализован эко-подход в дизайне, они основаны на разных принципах. В брюках это принцип "Безопасные материалы и процессы", он включает в себя следующие условия для дизайнера:

1) использование материалов без нефти и химических полимеров (хлопок, лен, конопля, шерсть, шелк, переработанный хлопок, имеющий меньший эко-след);

2) использование синтетических материалов, только если они переработаны из пластиковых отходов, когда пластиковый полимерный материал получает вторую жизнь (ECONYL®, REPREVE® и др.);

3) использование материалов из биополимеров (на основе водорослей, грибного мицелия, отходов с/х культур, молочного протеина и др., полученных методом лабораторного био-инженеринга, ферментации);

4) использование материалов, полученные методом химического ресайклинга (вискоза, эко- кашемир);

5) эко- сертифицированные ткани;

6) использование тканей, одежды, текстиля, бывших в употреблении, тренд Upcycling.

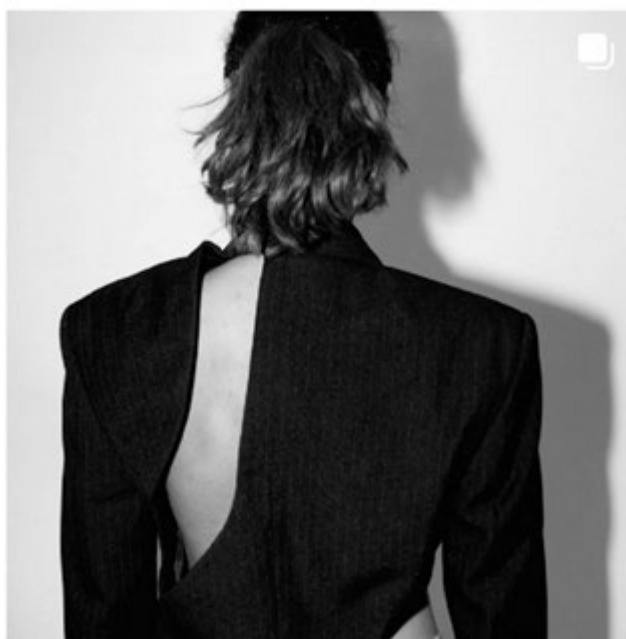
В брюках из денима реализован пункт №6.

В блузе-оверсайз применяется принцип "Минимализация отходов", который включает в себя следующие требования:

- 1) Zero waste. Использование безотходной технологии в крое - без выпадов, вязание;
- 2) Upcycling - дизайн на основе готовых вещей - старых или новых, не нужных, не распроданных и т.д., их реконструкция и новая сборка, результат - единичные вещи, не поток;
- 3) Upcycling - дизайн из отходов текстильных материалов, стоковых тканей.

В блузе реализован пункт №3 - создание новых продуктов равного или лучшего качества из остатков производства.

Необходимо отметить, что кроме линеек "деним" и "трикотаж", в бренде "Helena Tadesse" существует линейка верхней одежды, основанная на переосмысление и Upcycling-трансформации винтажных пиджаков и плащей путем деконструкции и перфорации. Пример изделия представлен на рисунке 2. Дизайн-решения этой линейки соответствуют принципу "Минимализации отходов" и пункту №2 - Upcycling готовой вещи.



HELENA  
**TADESSE**

Рис.2. Бренд "Helena Tadesse" , Upcycling -дизайн на основе готовой вещи

Модели из дипломной коллекции разработаны и выполнены в соответствии с концепцией бренда "Helena Tadesse", платформа которого была сформирована в процессе работы над дипломным проектом, и являются носителями ДНК бренда.

Итог выпускной квалификационной работы — это полноценный пилотный продукт для Upcycling-стартапа - бренда модной одежды. Бизнес-модель Upcycling-брендов, ориентированных на осознанность нового поколения потребителей и использующих экоповестку как основу бизнес-стратегии, доказала свою состоятельность. При разработке бренда Х.Тадессе были проанализированы бизнес-кейсы аналогичных брендов и конкурентная среда. Например, бренд "Ksenia Schneider" производит Demi-denims, джинсы, объединившая в себе формы "кюлоты" и "скинни", эти джинсы стали культовыми и вошли в стритстайл-хроники и историю моды 21 в. Также марка продает шубы из денима. Особенностью данного бренда является четкий продуманный алгоритм отбора сырья в секон-хенде, его подготовки к раскрою и последующее производство партии джинсов в размерной линейке, которую

покупают байеры и реализует ритейл и онлайн-магазины. Это не изделия в одном экземпляре, а достаточно большие объемы и тиражирование, благодаря чему стало возможно планирование бизнес-процессов. Бренд "Duran Lantink" также построен на концепции апсайклинга, но использует другой сырьевой ресурс — это винтажные изделия из старых коллекций брендов высокой моды - Prada, Valentino, Off-White и Richard Quinn. Результат — это авангардный коллаж из не сочетающихся на первый взгляд частей, который уже стал частью эстетического кода и визуальной культуры для нового поколения потребителей модного продукта. Особенностью бренда является сотрудничество с представителями поп-культуры - актерами и режиссерами, певцами.

Бренд "Helena Tadesse" — это студенческий стартап, который вырос из дипломного проекта, и сейчас проходит первые две стадии жизненного цикла стартапа. Первая стадия - Problem/Solution Fit - подтверждение существования проблемы и того, что предлагаемое решение ей соответствует. Проблема 1: деним — это самая "грязная" ткань с большим эко-следом, как водным, так и углеродным, этим обусловлен выбор вторичного сырья для экспериментального образца. Не считая ресурсов для выращивания хлопка и выработки джинсовой ткани из него, само производство джинсов - их окраска и последующее травление, создание потертостей и др. отделка требуют огромных затрат воды. Только самые прогрессивные и крупные бренды могут позволить себе новую технологию производства денима, как WATER> LESS™ от LEVI'S®. Решение: вторичное использование джинсов для создания нового продукта, авторский дизайн Х.Тадессе с учетом специфики денима, бывшего в употреблении. Проблема 2: Межлекальные потери ткани неизбежны при производстве. Решение: дизайнерская разработка Х.Тадессе на основе комбинации нескольких тканей в одном изделии.



Рис. 3. Модели Х. Тадессе на основе использования денима, бывшего в употреблении и межлекальных выпадов трикотажа. Эскизный ряд

Вторая стадия — это Minimum Viable Product (MVP) – разработка продукта с минимальным функционалом, позволяющим решать проблему. Х.Тадессе разработала и выполнила в материале образцы продукции бренда, которые соединили в себе обычный функционал одежды, эстетику современной моды и принципы экологизации производства одежды.

Сейчас Upcycling стартап проходит третью стадию своего жизненного цикла Product/Market Fit - подтверждение, что у продукта есть рынок сбыта. В частности, это Language/Market Fit - Подтверждение Ценностного Предложения (ЦП), Funnel Optimization - Оптимизация воронки привлечения пользователей и Channel/Product Fit - Подтверждение канала продаж. Также, в будущем, если проект окажется жизнеспособным, ему предстоит

пройти Scale - масштабирование и Maturity - стадия зрелости переход от стартапа к бизнесу. Эти стадии предполагают более подробную проработку бизнес-идеи по созданию Upcycling-одежды и экологизации бренда, определение эко-приоритета и достижение его на всех участках производства, знание цепочки поставок и т.д.

Идеология осмысленного потребления, sustainability и новая «медленная» культура взаимодействия с модным продуктом - эти процессы сейчас полностью перестраивают модную сферу, поэтому их необходимо учитывать в планировании проектной задачи для выпускной квалификационной работы. Х.Тадессе - дизайнер нового поколения, который стремится к тому, чтобы результат ее работы - одежду - люди воспринимали в первую очередь через знание о том, из какого сырья она было создана. Поэтому в основе идеи стартапа и платформы бренда - сырье с минимальным эко-следом. Данный проект доказывает, что экологизация бренда через дизайн возможна, а дизайн-идеи, продлевающие жизненный цикл изделия, имеют коммерческий потенциал и могут лежать в основе студенческого стартапа Upcycling-бренда.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Lauren Bass. 5 Phases of the Startup Lifecycle: Morgan Brown on What it Takes to Grow a Startup. Электронный ресурс - <https://laurenrbass.com/blog/5-phases-of-the-startup-lifecycle-morgan-brown>
2. Тиль П., Мастерс Б. От нуля к единице. Как создать стартап, который изменит будущее (Zero to One: Notes on Startups, or How to Build the Future). – М.: Альпина Паблишер, 2014. – 192 с.
3. Британская высшая школа дизайна: 80% экологического следа закладывается на уровне дизайна. Ольга Джонстон-Антонова. Электронный ресурс - <https://britishdesign.ru/about/blog/213595/>

## СУМКА-ШОППЕР ИЗ СУРОВОЙ ХЛОПЧАТОБУМАЖНОЙ ТКАНИ КАК АЛЬТЕРНАТИВА ПОЛИЭТИЛЕНОВЫМ ОДНОРАЗОВЫМ ПАКЕТАМ

### COTTON FABRIC SHOPPER-BAG AS POLYETHYLENE DISPOSABLE PACKETS ALTERNATIVE

В.Р.Тесленко, Е.А. Павлычева, О.Н. Сони́на  
V.R. Teslenko, E.A. Pavlycheva, O.N. Sonina

Ивановский колледж легкой промышленности  
Ivanovo College of Light Industry

E-mail: viknovikova45678@gmail.com, pavlycheva\_k@mail.ru, sonina@iklp.ru

**Представлены результаты окрашивания суровой хлопчатобумажной ткани кубовыми красителями двумя способами. На основе полученных образцов ткани предложены модели использования сумок-шопперов.**

**Ключевые слова:** хлопчатобумажная ткань, кубовые красители, сумка-шоппер.

**Cube pigment dyed cotton fabric coloring results are presented. Models for the use of shopper bags are proposed on the basis of tissue samples obtained**

**Keywords:** cotton fabric, cube pigments, shopping bag.

Объем пластика, созданного в мире за последние 65 лет, оценивается величиной около 8,3 миллиарда тонн. Половину этого объема люди произвели за последние тринадцать лет, и львиную его долю составляют обычные полиэтиленовые пакеты. Чем опасен пластик в качестве отхода, сейчас знают большинство людей. Полиэтилен производят из сырой нефти, добыча и переработка которой сама по себе связана с нанесением значительного вреда окружающей среде. Время разложения обычного пакета из рулона, который висит в любом отделе в супермаркете – от 400 до 1000 лет. Это в земле, в море он не разлагается вообще.

Около 40 стран уже ввели запрет или ограничение на продажу и производство пластиковых пакетов. Например, в Дании налог на бесплатную раздачу полиэтиленовых пакетов в торговых заведениях появился еще в 1994 году. В России комитетом Госдумы по природным ресурсам, собственности и земельным отношениям было предложено ввести полный запрет на использование полиэтиленовых пакетов в России с 2025 года. У пластиковых пакетов десятки альтернатив, но чаще всего они более дорогие, а значит – невыгодные либо для производителей, либо для покупателей.

Существуют пакеты с ускоренным процессом разложения, которые часто называют биоразлагаемыми: кроме полиэтилена они состоят из молекул растительного происхождения. Однако экологи уверены, что в результате быстрого разложения пакет превращается в микроскопические частицы, которые несут еще больший вред.

Популярна бумажная замена полиэтилену. Но при производстве модных «крафтовых» бумажных пакетов в атмосферу выбрасывается на 70% больше вредных веществ, чем при производстве пластика, а сбросы в водоемы увеличиваются в 50 раз.

Самой простой заменой для фасовочных пакетов являются многоразовые тканевые мешочки и сумки-шопперы. Удобное изделие из плотного хлопка легко заменяет бесчисленные пакеты, сама конструкция сумки позволяет носить ее в руках или через плечо. Конечно, цена на кожаные или тканевые шопперы известных брендов, сумки с авторскими принтами и дизайнами может быть немалой. Однако существуют и вполне демократичные варианты шопперов из недорогих тканей, которые отлично можно вписать в гардероб современной женщины. Кроме того, шоппер из холщовой, неотбеленной (суровой) ткани



можно легко кастомизовать, имея набор красителей и обладая техникой окрашивания суровой хлопчатобумажной ткани. Сумка-шоппер из ткани – это недорого, модно и очень актуально в среде молодежи.

Цель нашей работы – оценка возможности использования суровой хлопчатобумажной ткани, окрашенной кубовыми красителями в проектировании сумок-шопперов.

Кубовые красители являются ведущим классом красителей, используемых хлопчатобумажной отраслью текстильного производства. Их использование обеспечивает выпуск огромного объема изделий с пестротканым рисунком, а также тканей для военной униформы, так как ни один другой класс красителей не обеспечивает столь высоких качественных показателей окраски.

Кубовые красители производят в виде порошков или паст; применяют для окрашивания хлопка, льна, вискозных волокон и их смесей с полиэфирными волокнами, а также меха. Кубовые красители выпускаются практически всех цветов, характеризуются высокой устойчивостью к физико-химическим воздействиям. Производят кубовые красители в виде порошков, содержащих 50-70% облагораживающих наполнителей - смачивателей и главным образом диспергаторов, а также в виде паст для крашения и печати с содержанием 10-20% красителя. Порошки для крашения предназначены для щелочно-восстановительного и лейкокислотного способов крашения, тонкодисперсные порошки (порошки Д) и пасты Д - для суспензионного способа, пасты для печати (П) - для печатания тканей. Пасты текучи, легко дозируются, морозоустойчивы, содержат антифриз, диспергатор, электролиты, а паста П также катализатор восстановления (например, 2,6- или 2,7-дигидроксиантрахинон, их смесь или аценафтенхинон).

Для создания прототипа будущей модели сумки-шоппера и отработки различных способов крашения кубовыми красителями мы использовали суровую бязь производства ОАО Тейковский ХБК (г.Тейково, Ивановской обл. (рис. 1).



Рис. 1. Суровая бязь производства ОАО Тейковский ХБК (г.Тейково, Ивановской обл.

В результате проведенной работы были получены образцы суровой ткани, окрашенной кубовыми красителями двумя различными способами:

1. Окрашивание суровой хлопчатобумажной ткани кубовыми красителями по щелочно-восстановительному способу (рис.2). Использование данного метода предполагает приготовление концентрированного раствора красителя (маточного куба), который используют для получения окраски нужной интенсивности, добавляя его к щелочному раствору восстановителя.



2. Окрашивание суровой хлопчатобумажной ткани кубовыми красителями по суспензионному двухванному способу (рис.3). Это технология, хоть и сложна, но позволяет получать более интенсивные и равномерные окраски.

При окрашивании по суспензионному способу были получены образцы более ярких оттенков, с хорошей воспроизводимостью и ровнотой окраски. На основании полученных модельных образцов дизайна ткани были предложены эскизы моделей одежды и варианты включения сумок-шопперов в предложенные образы (рис. 4).



Рис. 2. Образцы ткани, окрашенные по щелочно-восстановительному способу красителями кубовый синий Д, кубовый оранжевый Д, а также смесью этих красителей.



Рис. 3. Образцы ткани, окрашенные по суспензионному двухванному способу красителями кубовый синий Д, кубовый оранжевый Д, а также смесью этих красителей.



Рис. 4. Эскизы моделей одежды, разработанные на основе использования суровой ткани, окрашенной кубовыми красителями.



Рис. 5. Сумки-шопперы, изготовленные из суровой хлопчатобумажной ткани, окрашенной двумя различными способами красителем кубовым синим Д.

Также были изготовлены модельные сумки-шопперы из ткани, окрашенной красителем кубовым синим Д по щелочно-восстановительному и суспензионному двухванному способу (рис. 5).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Мельников. Б.Н., Козлова О.В., Ермилов В.Г. Текстильное колорирование. Учебное пособие. - Иваново, изд-во ИГХТУ. - 2008.
2. Гарцева Л.А., Васильев В.В. Химическая технология текстильных материалов: Текст лекций. – Рязань, филиал ИГТА: ИГТА, 2004. – 124 с.
3. Химия красителей и крашения: учебное пособие / В.В.Михеев [и др.]. – Казань: Изд-во Казан. гос. технол. ун-та, 2009. – 81 с.
4. Щеглова Т.Л. Лабораторный практикум по применению красителей/ Т.Л. Щеглова, Б.Н. Мельников, О.А. Белокурова. - Иваново, изд-во ИГХТУ, 2002. - 107 с

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАНОЧАСТИЦ ОКСИДА ГРАФЕНА ДЛЯ АНТИБАКТЕРИАЛЬНОЙ ОТДЕЛКИ ТКАНЕЙ

### THE COMPARATIVE EVALUATION OF THE USE OF METAL NANOPARTICLES FOR ANTIBACTERIAL FINISHING OF FABRICS

А.В. Трегубов, К.А. Ерзунов, А.Ф. Алехина, Л.С. Петрова, О.И. Одинцова  
A.V. Tregubov, K.A. Erzunov, A.F. Alehina, L.S. Petrova, O.I. Odintsova

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

Представлен способ формирования на хлопчатобумажной ткани функционального антимикробного покрытия на основе наночастиц графена и серебра. Проведено исследование антибактериальной активности модифицированной ткани с нанесенными частицам оксида графена и дополнительным нанесением наночастиц серебра. Оценено изменение прочностных характеристик текстильных материалов после формирования покрытия. Исследованы проводящие свойства образцов ткани.

**Ключевые слова:** наночастицы, оксид графена, наносеребро, антибактериальная активность, функциональные покрытия, текстильные материалы.

The method of forming a functional antimicrobial coating based on graphene and silver nanoparticles on a cotton fabric is presented. A study of the antibacterial activity of a modified tissue with deposited graphene oxide particles and additional deposition of silver nanoparticles was carried out. The change in the strength characteristics of textile materials after the formation of the coating is estimated. The conductive properties of tissue samples are investigated.

**Keywords:** nanoparticles, graphene oxide, nano-silver, antibacterial activity, functional coatings, textile materials.

В настоящее время активно проводятся исследования модифицирования синтетических волокон, целью которых является получение материалов, обладающих сочетанием высоких качественных характеристик и новых специальных потребительских свойств. Ведется большое количество исследований, направленных на создание тканей с высокими антибактериальными и вирулицидными свойствами. Такие ткани могут быть использованы в медицине в качестве средств для перевязки ран, для пошива защитных масок и костюмов работников «красной зоны». Наиболее часто применяемыми препаратами для антибактериальной отделки являются препараты на основе наночастиц металлов таких, как серебро, титан, медь т.д. [1, 2]. Однако, использование таких веществ в высоких концентрациях может быть опасно для здоровья человека. Одним из перспективных модификаторов для текстильных материалов могут служить наночастицы оксида графена [3].

Оксид графена нашел широкое применение благодаря своим гидрофобным, антибактериальным и электропроводящим свойствам, является перспективным кандидатом для биомедицинских разработок, поскольку проявляет хорошие антимикробные свойства при минимальной цитотоксичности в отношении человеческих клеток.

Настоящая работа посвящена исследованию антимикробных и электропроводящих свойств текстильных материалов с нанесенным функциональным покрытием на основе наночастиц оксида графена, а также покрытий с дополнительным нанесением наночастиц серебра.

Наночастицы оксида графена наносили на текстильную основу методом погружения ткани в раствор с последующей сушкой и фиксацией при высокой температуре.

Одними из наиболее эффективных, и зарекомендовавших себя антимикробных препаратов являются препараты с наночастицами серебра. Поэтому для сравнительной оценки антибактериального действия оксида графена использовали также растворы наносеребра различной концентрации.

Эффективность применения наночастиц серебра в значительной мере зависит от возможностей методов синтеза и от того, позволяет ли выбранный метод получать частицы, удовлетворяющие необходимым требованиям. В качестве исходных веществ использовали нитрат серебра, который в последствии восстанавливали с помощью глуксаля. Для получения устойчивой композиции добавляли в реакционную смесь полигуанидин, как стабилизирующий агент [4]. Концентрацию исходных веществ варьировали для получения наночастиц наименьшего размера.

Антибактериальную активность модифицированных хлопчатобумажных тканей исследовали методом дисков. Активность определяли по зоне задержки роста (мм) микроорганизмов вокруг образцов. В результате диффузии препарата в среду вокруг диска образуется градиент концентрации исследуемого препарата – зона подавления роста микроорганизмов (мм). Размер зоны подавления роста определяет эффективность препарата по отношению к исследуемой бактериальной культуре. Использовали несколько групп грамм-положительных и грамм-отрицательных культур бактерий таких, как Кишечная палочка (*Escherichia coli*) и Золотистый стафилококк (*Staphylococcus aureus*).

В Таблице 1 представлены значения зоны задержки роста микроорганизмов вокруг образцов ткани с нанесенным гидрозолеом серебра.

Таблица 1

Антибактериальная активность гидрозолей серебра

Номер образца		20	19	18	17	15
Зона задержки роста образцов, мм, по отношению	<i>Escherichia coli</i>	8	10	12	12	14
	<i>Staphylococcus aureus</i>	8	10	10	11	19

Из таблицы видно, что каждый из полученных образцов обладает высокой антимикробной активностью. Однако, наибольшая способность подавлять рост патогенных микроорганизмов наблюдается у образцов под номером 15: зона задержки роста для данных образцов составляет 14-19 мм. Размер нанесенных частиц составляет около 2 нм. Определение размера частиц серебра в исследуемых гидрозолях осуществляли методом динамического рассеяния света на приборе Zetasizer Nano ZS.

На рисунке 1 представлены фотографии чашек Петри с образцами тканей, модифицированных наночастицами серебра.

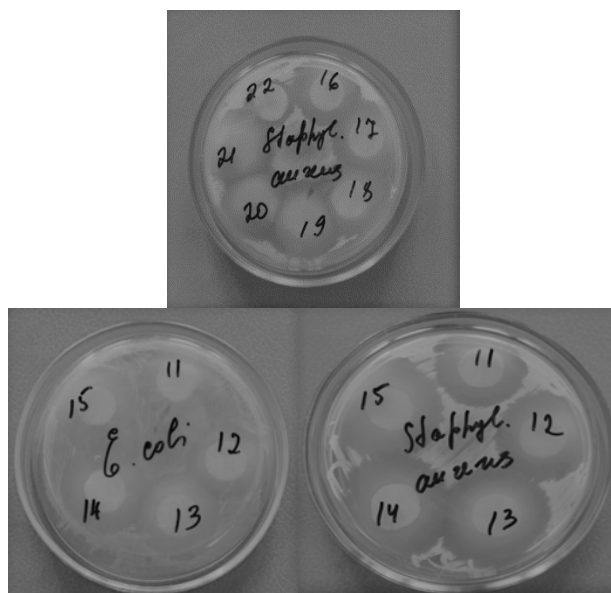


Рис. 1. Изображения образцов ткани с пропиткой различными гидрозолями серебра по отношению к *Escherichia coli* и *Staphylococcus aureus*.

Для оценки влияния количества нанесенного на ткань препарата на антибактериальную активность использовали растворы наночастиц графена разной концентрации. Результаты антимикробной активности текстильных материалов, пропитанных препаратом на основе оксида графена представлены на рисунке 2. Также были получены образцы тканей с дополнительным покрытием, содержащим наночастицы серебра. Антибактериальная активность была проверена для гидрозоля серебра под номером 15, поскольку он обладает наибольшей антимикробной активностью и наименьшим размером частиц.

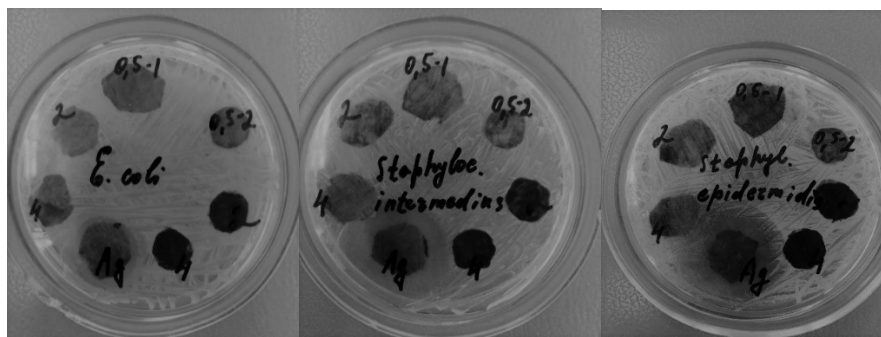


Рис. 2. Изображения образцов ткани, пропитанных препаратом на основе оксида графена на антибактериальную активность по отношению к *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* и *Staphylococcus epidermidis*.

Показано, что для покрытия на основе оксида графена не наблюдается роста бактерий под образцами, то есть ткань проявляет бактериостатический эффект. При использовании дополнительного покрытия с частицами серебра наблюдается появление зоны задержки роста бактерий для Золотистого и Эпидермального стафилококка. Таким образом, при добавке наносеребра проявляется большая активность по сравнению с покрытием, содержащим только оксид графена.

В ряде исследований отмечают, что модифицирование ткани частицами серебра приводит к ухудшению прочности материала. Для того, чтобы оценить воздействие модификатора оксида графена на устойчивость ткани и ее прочностные характеристики подвергли образцы ткани с покрытием на основе оксида графена испытанию на разрыв. Полученные данные представлены в таблице 2.



Прочностные характеристики модифицированных хлопчатобумажных тканей

Вид обработки ткани	Максимальная разрывная нагрузка, кГс	Максимальное разрывное удлинение, мм
Исходный образец	23,52	12
Пропитка и сушка (100°C); Концентрация оксида графена - 1 г/л	25,0	20,5
Пропитка и сушка (100°C); Концентрация: оксид графена / Ag - 1 г/л	25	12
Пропитка и сушка(100°C); Концентрация оксида графена - 2 г/л	31,7	19,5
Пропитка и сушка (100°C); Концентрация: оксид графена / Ag - 2 г/л	28,5	14

Из таблицы видно, что по сравнению с исходным образцом, у ткани, модифицированной оксидом графена увеличивается максимальное разрывное удлинение и разрывная нагрузка. Увеличение концентрации оксида графена, нанесенного на текстильный материал, позволяет несколько повысить показатели разрывной нагрузки ткани. Использование оксида графена в композиции с наночастицам серебра позволяет получить материал с достаточной прочностью и высокой антибактериальной активностью.

Также, по мимо антибактериальных свойств, представляют интерес электропроводящие свойства наночастиц оксида графена. На рисунке 3 представлены графики зависимости электрического сопротивления тканей от количества нанесенных наночастиц оксида графена и серебра.

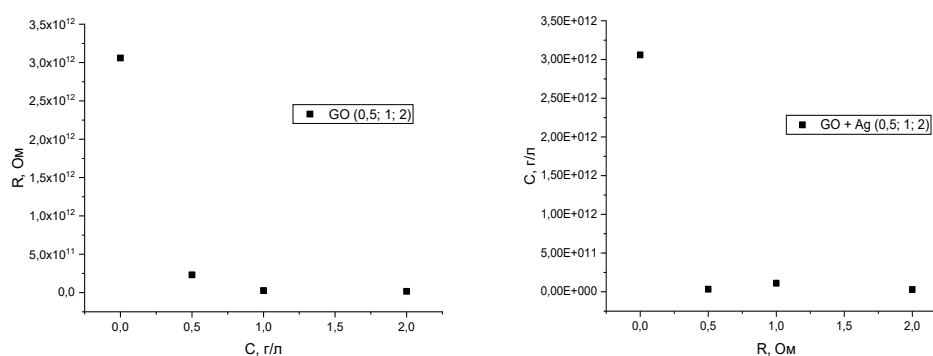


Рис. 3. Зависимость изменения электрического сопротивления тканей с покрытием на основе оксида графена и частиц серебра от концентрации препаратов.

Показано, что образцы тканей с нанесенным функциональным покрытием приобретают проводящие свойства, которые возрастают с увеличением концентрации препаратов. Введение в композицию наночастиц серебра способствует несколько большему проводящему действию тканей. Модифицирование хлопчатобумажных тканей наночастицами оксида графена в значительной степени не оказывает воздействия на электропроводящие свойства

материала. Возможно, это связано с недостаточным количеством нанесенного на ткань препарата. Однако, наличие заряда на поверхности функционального покрытия показывает, что ткань приобретает электростатический эффект, что позволяет материалы не накапливать заряд на поверхности.

Таким образом, модифицированная хлопчатобумажная ткань проявляет высокую антибактериальную активность. Покрытия, сформированные только наночастицами оксида графена проявляют бактериостатический эффект тогда, как ткани с дополнительным нанесением наночастиц серебра проявляют также бактерицидную активность. Сформированные покрытия не оказывают существенного влияния на прочностные характеристики тканей. Поверхность модифицированных материалов не приобретает заявленных проводящих свойств.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Georgios A. Pratsinis Antibacterial Activity of Nanosilver Ions and Particles // *Environ. Sci. Technol.* – 2010. – V. 44, №14. – P. 5649–5654;
2. Zhaoqing Yang. Graphene modified cotton textiles // *Advances in Textile Engineering.* – 2011. - V. 331. – P. 93-96.
3. Zhaoqing Yang. Long-term antibacterial stable reduced graphene oxide nanocomposites loaded with cuprous oxide nanoparticles // *Journal of Colloid and Interface Science.* – 2019. – P. 13–23.
4. Киселева, А. Ю. Бактерицидные текстильные материалы на основе биологически активных препаратов и наносеребра / А. Ю. Киселева, И. А. Шушина, О. В. Козлова, Ф. Ю. Телегин // *Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности.* – 2011. – Т. 12. – №. 2. – С. 110-112.

## ОЦЕНКА ПРОТЕОЛИТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТЕКСТИЛЬНЫХ АППЛИКАЦИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ЛЕЧЕНИИ РАН

### ASSESSMENT OF PROTEOLYTIC PROPERTIES OF TEXTILE APPLICATIONS USED IN WOUND TREATMENT

Ю. С. Фидоровская  
Y.S. Fidorovskaya

ООО «НПО Текстильпрогресс», Москва  
LLC «SPO Textilprogress» (Moscow)  
E-mail: koletex@list.ru

**Исследование посвящено поиску эффективного способа лечения инфицированных ран с помощью разрабатываемых местных средств полифункционального действия на текстильной основе, содержащих в своем составе несколько лекарственных компонентов, обладающих комплексной терапевтической активностью в отношении основных субстратов сложной, длительно незаживающей раны.**

**Ключевые слова:** протеолитические ферменты, папаин, серебро, ферментативная активность, наночастицы.

Infected chronic soft tissue defects are one of the most complex segments in the treatment of wounds, developing and/or as a result of one or more pathological conditions. One of the directions in the search for an effective method for treating infected wounds has become the development of local polyfunctional agents containing several medicinal components that have complex therapeutic activity against the main substrates of complex, long-term non-healing wounds.

**Keywords:** proteolytic enzymes, papain, silver, enzymatic activity, nanoparticles

Известно, что применение энзимотерапии ( в т.ч. протеолитическими ферментами) позволяет в 1,5-2 раза сократить сроки лечения больных, улучшить результаты предоперационной подготовки и значительно уменьшить число послеоперационных осложнений гнойно-воспалительного характера. Однако хорошо известны недостатки нативных ферментов, которых можно избежать при их иммобилизации [1,2,]. В настоящее время в качестве носителей для иммобилизованных препаратов при лечении гнойно-некротических, ожоговых ран и трофических язв используются синтетические и природные полимеры [3]. Преимущества природных полимеров очевидны, и они чаще используются благодаря их биосовместимости, биodeградируемости и безопасности [4].

Биополимеры используются как «депо» для введенных в него препаратов (лекарства, ферменты, биологически активные добавки), и из этого «депо» в соответствии с медицинскими показаниями препараты поступают в очаг поражения (в рану) в нужной концентрации. Иммобилизация препаратов в полимере может происходить за счет ковалентной фиксации на его активных центрах и за счет физической сорбции (ионные, ван-дер-ваальсовы связи и т.д). Мы использовали более простой и дешевый-второй способ. Для нанесения гидрогелевой композиции на текстильную основу при получении лечебных аппликаций использовали технологию текстильной печати через плоский сетчатый шаблон (ячейка 20 меш) с последующей сушкой.

Исходя из специфики использования лечебного материала, биополимер, взятый за основу данной композиции, должен сохранять свойства включенных в него биологически активных компонентов, а также обеспечивать их своевременное высвобождение. Общий лечебный эффект разработанной композиции зависит и от выбранного биополимера, и от биологически активных веществ, а также от суммарного эффекта всех компонентов.



В качестве основы композиции был выбран природный полимер альгинат натрия (АН), обладающий такими свойствами как способность к набуханию и гелеобразованию, что благоприятствует созданию гидрофильного слоя, контактирующего с раневой поверхностью с целью обеспечения атравматичного защитного действия и необходимой для заживления влажной среды на ране, и способствует уменьшению воспаления и ускорению регенерации поврежденных тканей.

Разрабатывались два варианта полимерных материалов: гель и текстильная аппликация с нанесенной гидрогелевой композицией для заполнения объема раны и ее закрытия от внешней среды.

Гелевая форма является предпочтительной для глубоких ран, гидрогели оказывают мягкое воздействие на рану, не нарушают тканевого дыхания. Аппликации с нанесенной гидрогелевой композицией, освещаемые в этой статье, целесообразно использовать при лечении поверхностных плоских ран.

В качестве протеолитического компонента экспериментальным путем был выбран ферментный комплекс из латекса папайи, в качестве антимикробного -  $\text{AgNO}_3$ , антимикробный препарат широкого спектра действия, активность которого проявляется в отношении антибиотико-резистентных, аэробных и анаэробных микроорганизмов. По литературным данным, выбранный нами комплекс латекса папайи имеет более щадящее воздействие на ткани раны по сравнению с другими активными ферментными препаратами. Выбор соли серебра сделан по следующим соображениям: высокая антибактериальная активность в отношении резистентных штаммов микроорганизмов, широкий спектр действия, отсутствие нежелательных побочных явлений по сравнению со многими противомикробными препаратами, а также, возможность получения наноформы серебра в результате восстановительных процессов в среде полисахарида альгината натрия и эффективного использования препарата за счет этого в максимально низких концентрациях.

Для получения лечебного материала на текстильной основе необходимо было как разработать технологию получения данного лечебного материала, так и изучить особенности перехода введенных препаратов из текстильного материала во внешнюю среду-рану.

В основе изучения процесса массопереноса препаратов, в данном случае фермента и соли серебра из текстильной аппликации, лежит нарастание концентрации препаратов во внешней среде (модель раны), которое определяется спектофотометрически по характеристическим длинам волн.

Для количественной оценки использовали величину ПА фермента, перешедшего в модельную среду - фосфатный буфер, наиболее приближенный к кислотности раневого экссудата (рН 6-8), при температуре, равной температуре тела ( $37^\circ\text{C}$ ).

При определении протеолитической активности (ПА) папайина при его десорбции в рану, предполагалось воспользоваться методом определения ПА по казеину (модификацией метода Kunitz M.). Метод основан на гидролизе казеина по Гаммерстену исследуемым ферментным препаратом до пептидов и аминокислот с последующим их определением. Однако в присутствии соли серебра данный метод не корректен ввиду взаимодействия ионов серебра с казеином. По этой причине для определения ПА нами был выбран метод Ансона, где в качестве субстрата выступает гемоглобин бычьей крови. Это решение позволило получить корректные данные по ПА для лечебных изделий [5].

При создании аппликаций очень важен выбор текстильного материала. К нему в соответствии с областью использования - медициной-предъявляется ряд специфических требований, к которым добавляются необходимые для применения изделия на I-II стадиях раневого процесса, а именно возможно высокая влагоемкость для поглощения большого объема раневого отделяемого, отсутствие замахивания (попадания волокон в рану) и атравматичность. Анализ ряда разрешенных для применения в медицине текстильных полотен, в частности полотна трикотажного ПФ-2 и полотна холстопршивного безниточного, позволяет сделать выбор в пользу полотна, состоящего из 100% вискозного волокна, при этом, данное полотно (холстопршивное безниточное) имеет показатель влагоемкость на  $\sim 35\%$

выше, чем полотно трикотажное, что позволяет обеспечить большую концентрацию действующих компонентов на поверхности изделия.

Процесс массопереноса происходит во времени, и включает в себя несколько стадий, таких как десорбция активных компонентов с текстильной поверхности во внешнюю среду, диффузия из набухающей полимерной матрицы, десорбция из текстильной матрицы. Нами было рассмотрен диапазон временных интервалов исследования от 0,5 часа до двух суток, чтобы оценить времена эффективного нахождения лечебного изделия на раневой поверхности и определение частоты смены повязки. В течение указанного времени измерялась величина протеолитической активности (ПА) фермента, перешедшего в модельную среду.

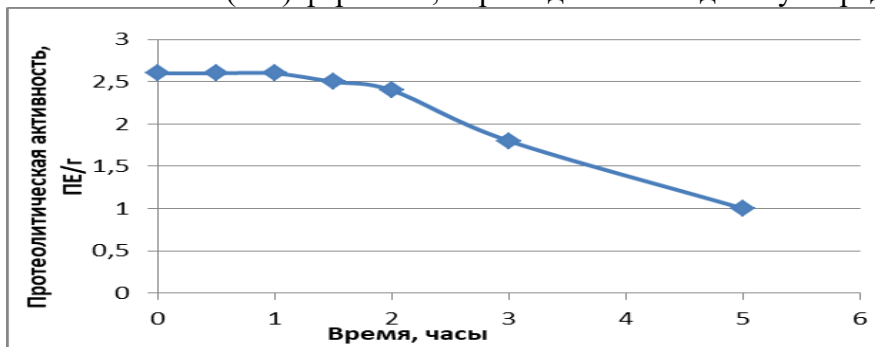


Рис.1. Изменение ПА папаина при экстракции в модельную среду из аппликаций, на основе нетканого холстопршивного полотна

По представленным данным можно сделать вывод, что при переходе папаина нанесенного на холстопршивное полотно, в модельную среду пик максимальной ПА наблюдается в течение первых двух часов; и далее происходит снижение в ране уровня высвобождаемого из лечебного изделия фермента. Далее для сравнения было проанализировано изделие на основе трикотажного полотна ПФ-2, (рис.2)

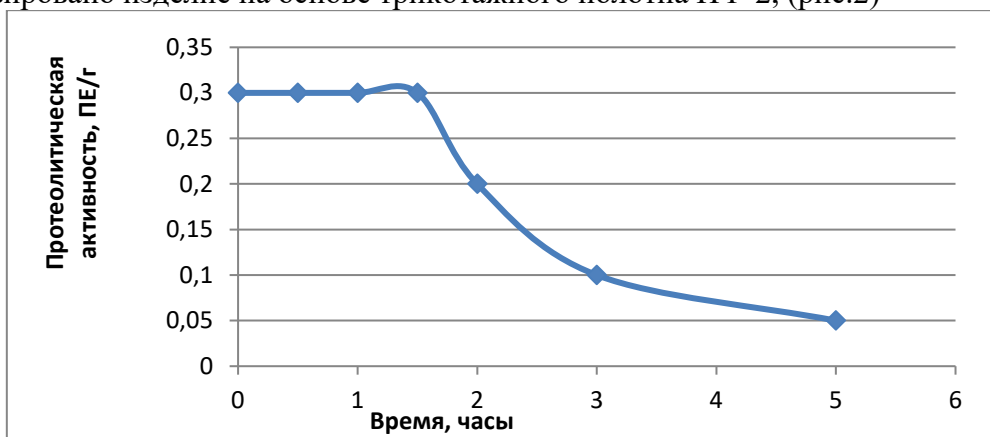


Рис.2 Изменение активности папаина при экстракции в модельную среду из аппликаций на основе трикотажного полотна.

При одной и той же технологии нанесения (параметры шаблона, число проходов ракля) и одном и том же составе композиции максимальная ПА высвобождаемого фермента из трикотажного полотна после печати наблюдается так же в течение первых двух часов, однако, по сравнению с полотном холстопршивным нетканым, количественные показатели ниже практически в 10 раз. Более объемный материал позволяет обеспечить большую емкость для лечебной композиции и, соответственно, начальную концентрацию фермента, введенного в композицию и создать более высокий градиент на границе поверхность текстильного материала-раневая среда, существенно большую пролонгацию действия фермента, т.е. использование холстопршивного объемного полотна в качестве «депо» для фермента абсолютно оправдано. Активность фермента в раневой среде в модельном эксперименте стремится к нулю по истечению 6 часов, и можно предположить, что нахождение лечебной

салфетки (аппликации) на раневой поверхности дольше этого времени является нецелесообразным. Однако следует принять во внимание, что для проведения эксперимента был взят технологически удобный модуль (M=200), а в реальных условиях, когда модуль ванны (раны) соответствует значениям 1,8-2,2 т.е. наблюдается значительно меньший объем раневого экссудата (внешней среды), и «унос» препарата из раны невелик, время массопереноса препарата существенно возрастает и длительность эффективного использования аппликации увеличивается, достигая по данным врачей 24 часов, после чего следует делать перевязку и использовать новый материал.

Полученные данные следует учитывать при разработке методики лечения гнойных ран с применением композиционных лечебных изделий, содержащих протеолитический комплекс латекса папайи. Введенный антисептик (AgNO<sub>3</sub>) даже при концентрации 0,05% подтвердил свою эффективность в эксперименте со штаммами бактерий E-Coli и St. Aureus с применением стандартной методики подсчета КОЕ, где фиксировалось отсутствие роста микроорганизмов.

Кроме положительной оценки свойств аппликации, необходимой для оценки эффективности их использования при лечении гнойных ран, необходимо так же подчеркнуть простоту технологических операций при получении готового продукта и отсутствие вредных выбросов в атмосферу, т.е. производство материала экологически безопасно и экономически целесообразно.

*Работа проводится в рамках выполнения Договора № 596ГРНТИ/63447 с ФГБУ «Фонд содействия развития малых форм предприятий в научно-технической сфере» (Фонд содействия инновациям)*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Андреев А.А., Глухов А.А., Остроушко А.П., Карапатьян А.Р., Чуян А.О. «Влияние кислотности на динамику репаративных процессов в мягких тканях». Вестник экспериментальной и клинической хирургии. 2017 №1 С.64-71.
2. Белов А.А., Распопова Е.А. Раневые покрытия с контролируемым выделением лекарственного препарата // Сб. науч. тр., «Новые хим.-фарм. технологии», М., 2014, вып. 1, С. 66-68.1
3. Винник Ю.С., Маркелова И.М., Соловьева Н.С., Шишацкая Е.И. Современные раневые покрытия в лечении гнойных ран // Новости хирургии. – 2015. – Т. 23. – с. 552-557.
4. Олтаржевская Н.Д., Кричевский Г.Е., Коровина М.А., Гусев И.В. Биополимеры в медицине. Лечебные депо-материалы на основе альгината натрия. Биофармацевтический журнал 2017 г.
5. Kunitz M. Crystalline soybean trypsin inhibitor // J. Gen. Physiol. - 1947.-V.30 .- # 1.-P. 291-310.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИЗГОТОВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАТКИ И СЛОЖНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ТКАЦКОГО СТАНКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

### MODELING AND MANUFACTURING OF TECHNOLOGICAL EQUIPMENT AND COMPLEX ELEMENTS OF A LOOM USING ADDITIVE TECHNOLOGIES

А. Хабибуллоев, А. П. Гречухин, И.В. Старинец, М.Д. Рудковский  
A. Habibulloev, A.P. Grechukhin, I.V. Starinets, M.D. Rudkovskiy

Костромской государственной университет  
Kostroma State University  
E-mail: keepsabr007@gmail.com

В последнее время аддитивные технологии все чаще используются при создании сложных элементов и деталей с высокой точностью в разных сферах промышленности. Например, компания General Electric производит топливные форсунки авиационного двигателя, напечатанные на 3D принтере. 3D печать используют спортивные бренды Under Armour и New Balance, производители космической техники (детали ракеты Atlas-5). В медицине используется биопечать тканей почек человека от компании Organovo и др. В данном исследовании 3D печать используется для изготовления технологической оснастки и элементов ткацкого станка.

**Ключевые слова:** технологическая оснастка; 3D печать; ткацкое бердо; 3D модель; материал поддержки; ABS; Petg; PVA.

Recently, additive technologies are increasingly used to create complex elements and parts with high precision in various industries. For example, General Electric produces 3D printed aircraft engine fuel injectors. 3D printing is used by sports brands Under Armour and New Balance, manufacturers of space technology (parts of the Atlas-5 rocket). In medicine, bioprinting of human kidney tissues from the Organovocompany and others is used. In this study, 3D printing is used for the manufacture of technological equipment and elements of a loom.

**Keywords:** technological equipment; 3D printing; weaving reed; 3D model; support material; ABS; Petg; PVA.

В текстильной промышленности в последние годы широко внедряются технологии 3D печати для создания аналогов текстильных изделий [1-5].

Для современных ткацких станков специального назначения технологическая оснастка и элементы оборудования производятся массово, но не всегда они доступны и у них высокая цена.

При проведении научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в сфере создания новых текстильных технологий важно быстро разработать и изготовить детали оборудования.

В нашем исследовании мы использовали технологию послойного наплавления (FDM) для печати специальных зубьев берда и корпуса для их крепления. Проектировалась и изготавливалась специальная берда с зубьями для многослойной 3D ортогональной ткани.

Модель строилась в программе Kompas 3D. Берда состоит из двух частей, между которых закрепляются в пазах зубья берда.

Берда напечатано из Petg пластика на 3D принтере Picaso Designer Xpro, а зубья из ABS и PLA пластика. 3D модель берда представлена на рис. 1 (а). Напечатанный на 3D принтере образец на рис. 1 (б)

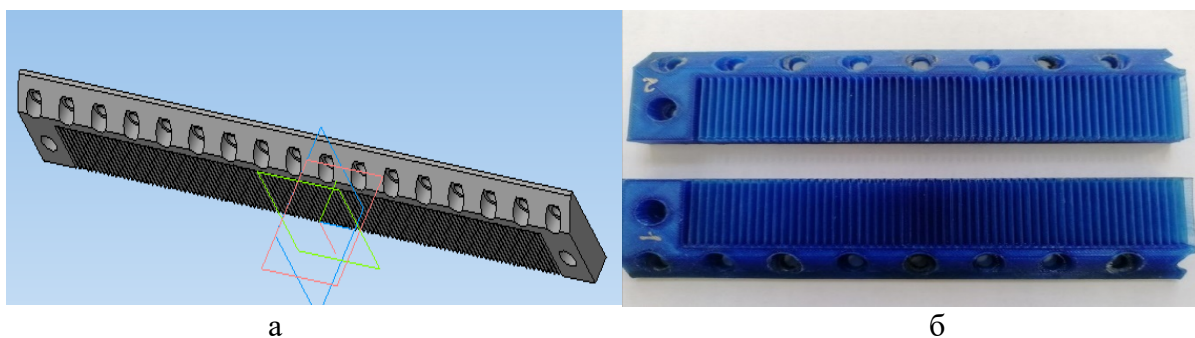


Рис. 1. Бердо, напечатанное на 3D принтере  
(а – 3D модель, б – готовое изделие)

Зубья берда могут иметь сложную форму. Для реализации технологии [6] изготовлены несколько вариантов сменного зуба берда с полостью (отверстием), куда заправляется нить вертикальной системы при формировании трехмерных тканей. Первый вариант предусматривает изготовление зуба из двух частей (основная часть и закрепляющая стенка). Такой зуб берда представлен на рис. 2 (а – 3D модель, б – напечатанное изделие).

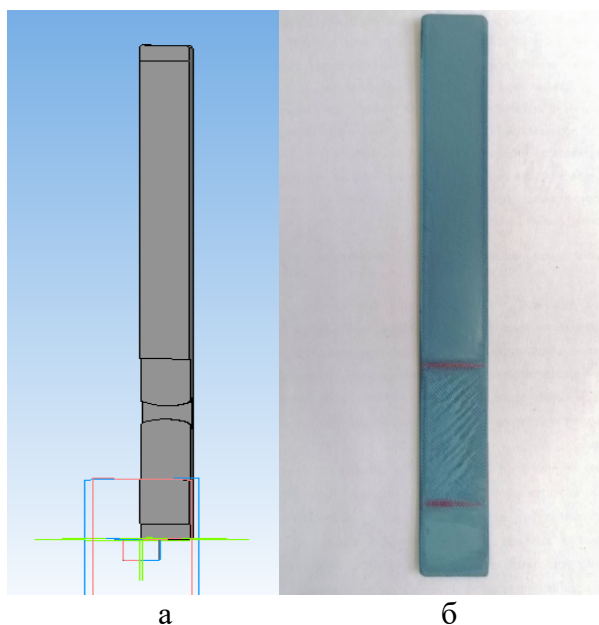
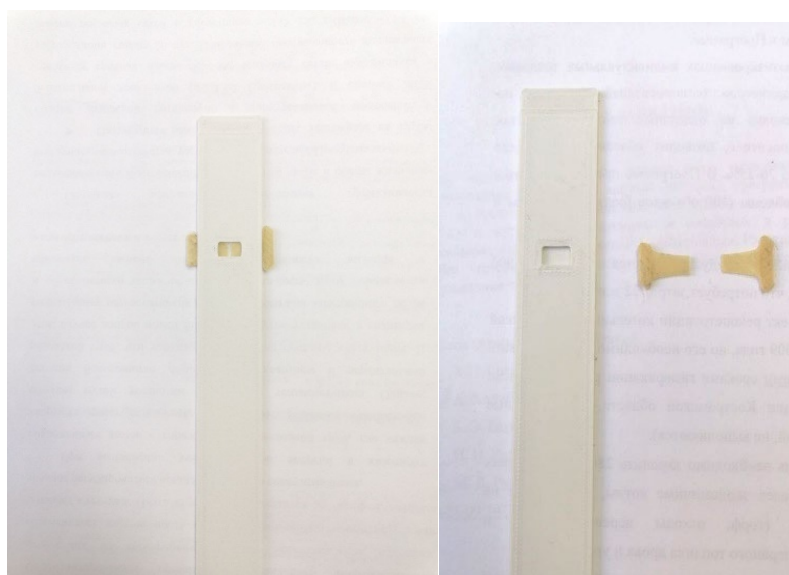


Рис. 2. Зуб берда

Второй вариант зуба берда изготавливался с использованием 3Dпечати двумя материалами – ABS и PVA (поливиниловый спирт). Печаталась цельные зубья с использованием поддержки. Зубья напечаталась из ABS пластика, а поддержка из PVA пластика. Поддержка легко снимается (отделяется) с добавлением воды от ABS пластика. Внешний вид напечатанного изделия с пластиком поддержки представлен на рис. 3.



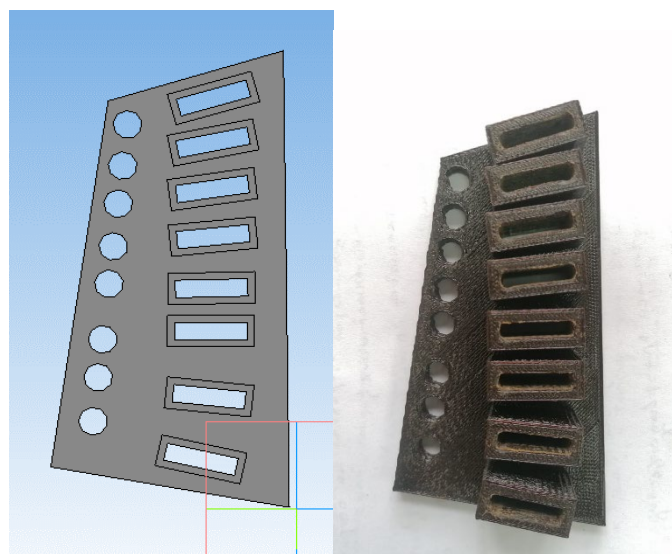
а

б

Рис. 3. Зуб берда с отверстием.

(а – готовое изделие с материалом поддержки, б – извлечение материала поддержки)

Для закрепления планок рапирного механизма были смоделированы и изготовлены по заданному размеру специальные кронштейны (рис. 4) напечатанные на 3Dпринтере из PETg пластика. Установленные на оборудовании планки представлены на рис.5.



а

б.

Рис. 4. Направляющий кронштейн

(а – 3D модель кронштейна, б – готовое изделие)

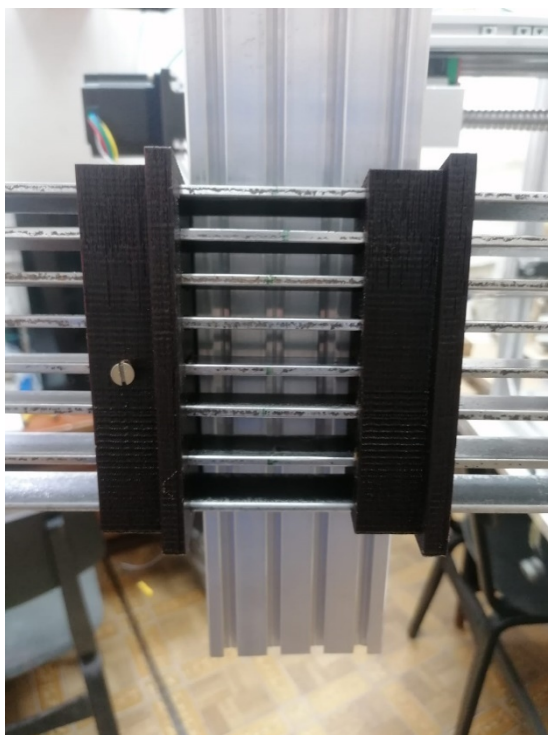


Рис. 5. Кронштейны, установленные в рапирном механизме

Таким образом, изготовление технологической оснастки и элементов станка с использованием 3Дпечати позволяет создавать сложные формы изделия и уменьшить время изготовления опытных образцов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Spahiu, T. et al. 3D printing for clothing production. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*. 2020: 15:43-51. DOI:10.1177/1558925020948216.
2. Forman, Jack et al. DefeXtiles: 3D Printing Quasi-Woven Fabric via Under-Extrusion. *Proceedings of the 33rd Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*. 2020: 1222-1233. DOI: 10.1145/3379337.3415876.
3. Scott E. Hudson. 2014. Printing teddy bears: a technique for 3D printing of soft interactive objects. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '14)*, 459–468. DOI: 10.1145/2556288.2557338.
4. Huaishu Peng, Jennifer Mankoff, Scott E. Hudson, and James McCann. Layered Fabric 3D Printer for Soft Interactive Objects. In *Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (2015)*, 1789–1798. DOI: 10.1145/2702123.2702327.
5. 3D printing of weft knitted textile based structures by selective laser sintering of nylon powder. *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.* 137, (July 2016), 2017. DOI: 10.1088/1757- 899X/137/1/012017.
6. Гречухин А.П. Способ формирования 3D-ортогонального тканого волокнистого материала/ А.П. Гречухин, С.Н. Ушаков, Д.В Зайцев, Л.А.Тихомиров // *Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности –2016.– № 6 (366).–С. 118-122.*

**АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ НОРМАТИВНОЙ БАЗЫ НА КОМПЛЕКСНУЮ ОЦЕНКУ  
КАЧЕСТВА. МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ОТДЕЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА  
НЕТКАНЫХ ПОЛОТЕН**

**ANALYSIS OF THE REGULATORY FRAMEWORK FOR A COMPREHENSIVE  
QUALITY ASSESSMENT. METHODS FOR MEASURING INDIVIDUAL QUALITY  
INDICATORS OF NON-WOVEN FABRICS**

О.С. Чахоян  
O.S. Chakhoyan

Ивановский государственный политехнический университет  
Ivanovo State Polytechnic University  
E-mail: ofelia.chakhoyan24@yandex.ru

Рассмотрены вопросы, касающиеся нормативной базы на комплексную оценку качества и методы измерения отдельных показателей качества нетканых полотен. Показана применимость показателей качества в соответствии с ГОСТ 4.45-86 и номенклатура единичных показателей качества в соответствии с ГОСТ 4.45-86. Создана блок-схема алгоритма оценки качества ткани с применением методов квалиметрии.

**Ключевые слова:** номенклатура показателей, оценка качества, методы измерений, нетканые полотна.

The issues related to the regulatory framework for a comprehensive quality assessment and methods for measuring individual quality indicators of non-woven fabrics are considered. The applicability of quality indicators in accordance with GOST 4.45-86 and the nomenclature of individual quality indicators in accordance with GOST 4.45-86 are shown. A flowchart of an algorithm for evaluating the quality of tissue using qualimetry methods has been created.

**Keywords:** nomenclature of indicators, quality assessment, measurement methods, non-woven fabrics.

В методологии оценки качества потребительских товаров можно выделить два подхода, а именно оценку качества продукции по стандартам и оценку качества товаров на основе методов квалиметрии. Первый подход основан на определенных исторически сложившихся традициях, существующих в конкретной отрасли, который постоянно отражался в соответствующих государственных и отраслевых стандартах на определенную по виду продукцию. Второй подход связан с все нарастающим потоком научных публикаций, основанных на современных методах квалиметрии по оценке качества продукции на основе обобщенного (комплексного) показателя.

Основной концептуальный подход состоит в том, что выделяется количественная градация «Сорт» и устанавливаются его уровни (1 сорт, 2 сорт). Оценка качества осуществляется по физико-механическим показателям и порокам внешнего вида. Номенклатура показателей качества и их нормативные значения для первого сорта определяются по ГОСТ 29298 [1, с. 432].

Для установления основных операций в оценивании качества и определения направлений совершенствования выделенной методологии в соответствии с требованиями

ГОСТ 19.701-90 [2, с.45] была построена блок-схема алгоритма на основании требований ГОСТ 161-86. [3, с.50 - 51].

Положительным моментом применения данной методологии является то, что она используется достаточно длительное время и к ней адаптировались промышленные предприятия, выпускающие данную продукцию.



Основным недостатком методологии оценки качества по ГОСТ 161-86 является то, что комплексная оценка качества осуществляется по качественной градации «сорт» в трех уровнях (1 сорт, 2 сорт и несортовая продукция). Иными словами, принятая шкала порядка имеет дискретный отсчет в трех точках. Кроме этого, оценка качества для первого сорта осуществляется с применением ГОСТ 29298, а для оценки второго сорта номенклатура показателей качества существенно уменьшена.

Основное методическое решение состоит в переходе от шкалы порядка (1 сорт, 2 сорт) в абсолютную шкалу (0,00...0,99 – высший сорт; 1,00...1,99 – первый сорт; 2,00...2,99 – второй сорт), что повышает точность в оценке качества продукции.

Повышение точности в оценке качества позволяет производителям прогнозировать экономические затраты на процессы проектирования качества продукции и ее изготовление.

В последние годы появилось много работ по комплексной оценке качества потребительской продукции на основе использования методов квалиметрии [4, с.252].

Операцию выбора единичных показателей качества можно осуществить различными подходами. Прежде всего, необходимо использовать рекомендации нормативных документов. В частности, в стандарте приведена номенклатура показателей качества швейных изделий (таблица 1) по следующему принципу.

Таблица 1

Номенклатура единичных показателей качества в соответствии с ГОСТ 4.45-86

Свойство	Наименование показателя качества и единица измерения
1	2
Функциональность	<p><b>1. Показатели назначения:</b></p> <p>1.1. Соответствие изделия основному функциональному назначению, балл</p> <p>1.2. Соответствие изделия размерной и полнотное - возрастной группе человека, балл</p> <p>1.3. Соответствие изделия сезону, сфере применения и условиям эксплуатации, балл</p> <p>1.4. Соответствие применяемых материалов, отделок.</p>
Стойкость к воздействию химических препаратов, тепла и влаги	<p><b>2. Показатели стойкости к внешним воздействиям:</b></p> <p>2.1. Возможность химической чистки, стирки, глажения, балл</p>
Стойкость к механическим воздействиям	2.2. Прочность соединения деталей, даН/см
Комфортность	<p>2.3. Удобство пользования, балл</p> <p>2.3.1. Гигиенические показатели</p> <p>2.3.1. Суммарное тепловое сопротивление пакета одежды, <math>^{\circ}\text{C}\cdot\text{м}^2\cdot\text{Вт}</math></p> <p>2.3.3. Воздухопроницаемость, <math>\text{дм}^3/\text{с}\cdot\text{м}^2</math></p>
Соразмерность и баланс	<p><b>3. Эргономические показатели:</b></p> <p>3.1. Антропометрические показатели</p> <p>3.1.1. Статическое соответствие, балл</p>
Удобство в движении	3.2. Динамическое соответствие, балл
Современность	<p><b>4. Эстетические показатели</b></p> <p>4.1. Соответствие изделия современному направлению моды, балл</p>
Внешний вид и внутренняя отделка	4.2. Уровень обработки и отделки изделия, балл

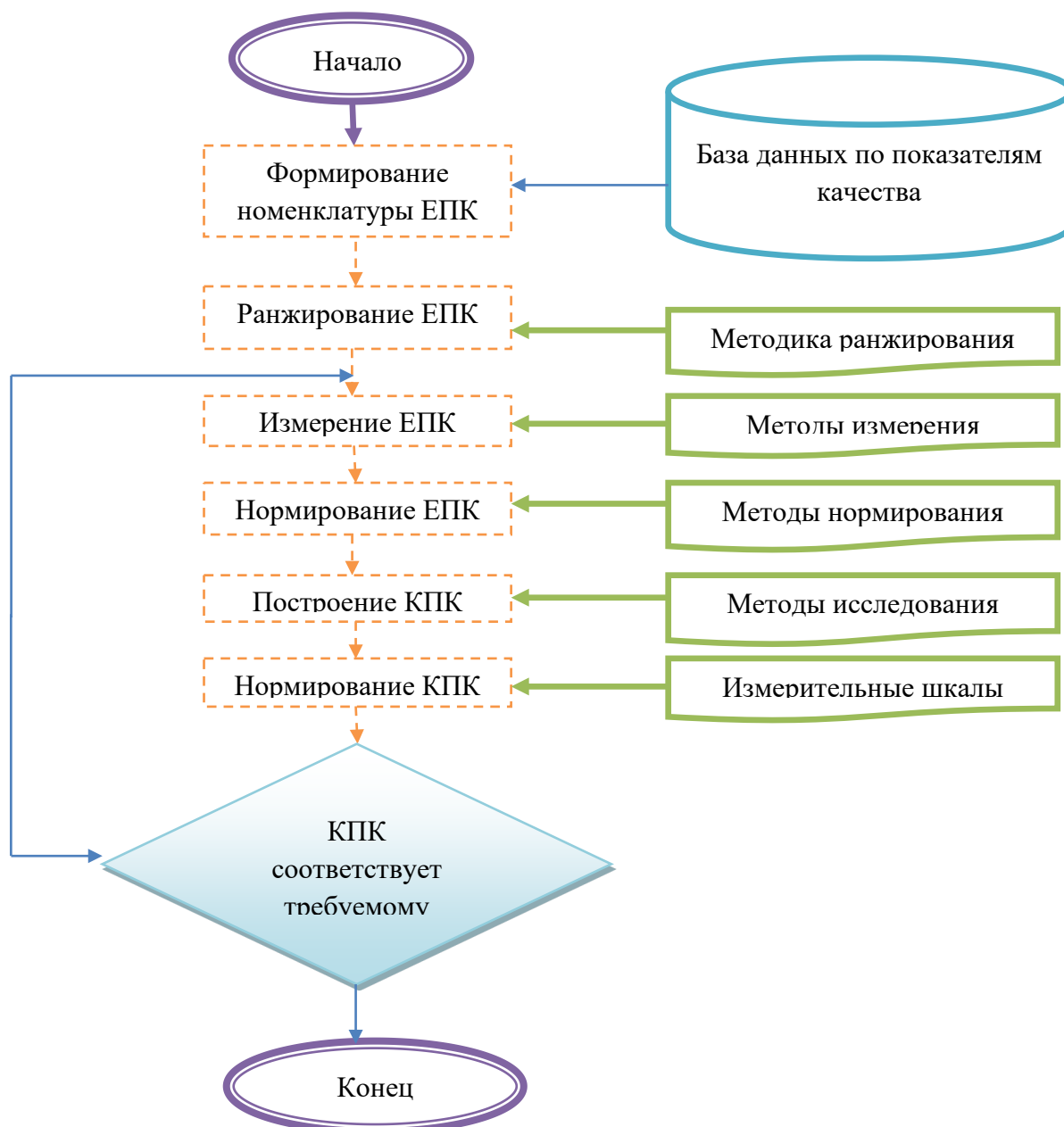


Рис.1. Блок-схема алгоритма оценки качества ткани с применением методов квалиметрии

К основным показателям качества относятся: соответствие основному функциональному назначению, возможность химической чистки, стирки, глажения; статистическое соответствие; соответствие изделия современному направлению моды; уровень обработки и отделки изделия; четкость и выразительность исполнения товарных знаков и ярлыков. Применяемость показателей качества для научно-исследовательских работ, оценке уровня качества швейных изделий при разработке и постановке продукции над производством, при разработке и пересмотре технической и нормативно-технической документации приведена в таблице 2.

Применяемость показателей качества в соответствии с ГОСТ 4.45-86

Номер показателя	Наименование подгруппы однородной продукции								Область применения показателя		
	Одежда пальто-вокостюмногоассортимента	Одежда платье-во-блузочногоассорти-мента	Белье нательное	Корсетныеизделия	Сорочки верхние	Белье постельное	Одежда и покрывала стеганные	Головные уборы	НИР	Разработка и постановкапродукции на производство	Техническая и нормативно-техническая документация
1.1	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+
1.2	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-
1.3	+	+	+	-	+	-	+	+	-	+	-
1.4	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+
2.1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2.2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-
3.1.1	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+
3.1.2	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+	-
3.2	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-
3.3.1	+	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-
3.3.2	+	+	+	+	-	-	-	+	+	-	-
4.1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
4.2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
4.3	+	+	+	+	-	-	-	+	+	+	+

Таким образом, в стандарте [5, с.237] указаны наборы единичных показателей качества для швейных изделий бытового назначения и их применяемость.

Для оценки качества совокупности видов разнородной продукции используются индексы качества и дефектности. Индекс качества— это комплексный показатель качества разнородной продукции, который равен среднему, взвешенному относительных значений показателей качества этой продукции. Индекс дефектности— это комплексный показатель качества разнородной продукции, выпущенной за рассматриваемый период, равный среднему, взвешенному коэффициентов дефектности этой продукции. Индексы качества и дефектности являются универсальными показателями, которыми можно оценить качество продукции предприятия в целом и проанализировать его изменения за ряд лет.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Лapidус, В.А. Всеобщее качество (TQM) в российских компаниях / В.А. Лapidус. - М.: ОАО «Типография «Новости», 2010 - 432 с.
2. Серебрякова, Л.А. Нетканые материалы: получение, свойства, применение/ Л.А. Серебрякова. - Владивосток: Изд-во ДВГАЭУ, 1999 - 45 с.
3. Лысова, М.А. Непрерывная оценка качества нетканых текстильных материалов / М.А. Лысова // Менеджмент качества продукции и услуг: материалы 3-й междунар. научн-техн.

конф. (27-28 апр. 2010 г., г. Брянск) / под ред. О.А. Горленко: в 2т. - Брянск: БГТУ, 2010. - Т.2. - С.50..51

4. Лысова, М.А. Математические методы в проектировании и оценивании качества текстильных материалов и изделий / М.А. Лысова, И.А. Ломакина, С.В. Лунькова, Б.Н. Гусев. - Иваново: ИГТА, 2012. - 252 с.

5. Лысова, М.А. Совершенствование нормативной оценки качества нетканых материалов / М.А. Лысова // Защита отечественного потребительского рынка от некачественных и фальсифицированных товаров: материалы научно-практической конференции 17 ноября 2009 г. - М.: ГОУ ВПО «РЭА им. Г. В. Плеханова», 2009. - С. 237...238.

## **ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА ЦИФРОВОЙ ПЕЧАТИ АКТИВНЫМИ КРАСИТЕЛЯМИ ПО ТРИКОТАЖУ ПУТЕМ ЕГО ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ МОДИФИКАЦИИ**

### **INTENSIFICATION OF THE DIGITAL PRINTING PROCESS WITH ACTIVE DYES ON KNITTING WHEN USING A PRE-MODIFICATION**

В.А. Чернякова<sup>1</sup>, М.В. Раскачнова<sup>1</sup>, Е.Б. Санжеева<sup>2</sup>, О.В. Козлова<sup>1</sup>  
V. A. Chernyakova<sup>1</sup>, M.V. Raskachnova<sup>1</sup>, E.B. Sanzheeva<sup>2</sup>, O.V. Kozlova<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ивановский государственный химико-технологический университет,  
<sup>2</sup>ООО «БТК Текстиль», г.Шахты  
<sup>1</sup>Ivanovo State University of Chemical Technology. Ivanovo  
<sup>2</sup>LLC "BTK Textile", Shakhty, Rostov region  
E-mail: ovk-56@mail.ru

**Работа посвящена обоснованию эффективности применения отечественных полимерных препаратов в цифровой печати для улучшения колористических показателей окраски.**

**Ключевые слова: текстильные материалы, цифровая печать, полимерные модификаторы, праймирование.**

**The work is devoted to the substantiation of the effectiveness of the use of domestic polymer preparations in digital printing to improve the color parameters of coloring.**

**Key words: textile materials, digital printing, polymer modifiers, priming.**

Формирование прочной окраски на текстильном материале является одной из главных целевых функций отделочного производства. Особенно это касается активных красителей, применение которых для колорирования текстильных материалов всегда являлось более привлекательным и в колористическом плане, и с т. зрения экологической безопасности готовых изделий.

Главная задача при построении технологического процесса заключается в том, чтобы достигнуть наиболее полной фиксации красителя волокном с образованием прочной ковалентной связи. Если говорить о процессе крашения активными красителями, то он бывает непрерывным, периодическим, и полунепрерывным способом [1-3]. Первый больше подходит для хлопчатобумажных тканых материалов, второй и третий незаменимы при крашении трикотажных полотен. Наиболее уязвимым местом в технологии «активного крашения» является достижение прочности получаемых окрасок, которые чаще зависят как от качества самих красителей, так и от технологии их использования.

Существует множество способов упрочнения окрасок, полученных с помощью активных красителей. Это и применение физических методов интенсификации процессов колорирования тканей активными красителями: акустические, ВЧ и СВЧ воздействия, которые обуславливают резкое увеличение скорости диффузии молекул красителя в волокнистый материал и, соответственно, высокую эффективность процессов крашения [4,5], и многочисленные химические приемы. Среди последних необходимо отметить технологии с использованием органических растворителей [6-8].

Одним из перспективных направлений повышения степени полезного использования активных красителей является использование закрепителей-фиксаторов, обеспечивающих высокие прочностные показатели окрашенных тканей независимо от химического строения

применяемых красящих веществ. Эффективные закрепители разработаны и были внедрены в производство учеными ИГХТУ [9].

Наиболее примечательный химический прием интенсификации процесса колорирования хлопчатобумажных тканей активными красителями, состоит в применении четвертичных аммониевых соединений для предварительной обработки тканей. Разработанные на основе результатов этих исследований технологии дают возможность проводить процесс крашения активными красителями более эффективно, повышая интенсивность окраски при одновременном снижении концентрации красителя в плюсовочном растворе и сохранении прочности окраски на традиционном уровне [10].

Похожие приемы используются при осуществлении интенсификации процессов колорирования текстильных материалов при цифровой печати, когда праймирование перед печатью решает проблемы получения интенсивных и чистых расцветок, а также дает возможность наносить рисунки на текстильный материал любого волокнистого состава. Однако в практике цифровой печати используются препараты зарубежного производства. Задачи формирования эффективных отечественных составов предпечатных композиций с применением катионных соединений для обработки хлопчатобумажных тканей полностью не решены, или находятся в стадии разработки [11].

Следовательно, настоящее исследование по разработке отечественной композиции для праймирования тканей и трикотажного полотна под цифровую печать является актуальным.

Целью проводимых в работе исследований является повышение качества цифровой печати хлопчатобумажных тканей чернилами на основе активных красителей за счет разработки эффективных рецептур предпечатных композиций с использованием в их составе катионных соединений, изменяющих заряд волокна с отрицательного на положительный и тем самым повышающих сорбцию и фиксацию активных красителей.



Алгоритм изучения и решения поставленных задач включал следующее:

- подбор компонентного состава композиционного праймера и оценка устойчивости его выпускной формы;
- отработка технологических параметров процесса нанесения и фиксации модифицирующего предпечатного состава на целлюлозосодержащие материалы (трикотажное полотно, тканый текстильный материал);
- разработка методики экспресс-оценки эффективности модифицирующей обработки на качественные результаты печати;
- оценка показателей качества колорированных текстильных материалов и устойчивости их к физико-механическим и химическим воздействиям.

Проведены исследования и анализ эффективности применения катионных соединений различного химического строения (катамин АБ, катапав, алкапав, каустамин) в процессе предпечатной подготовки хлопчатобумажной ткани под цифровую печать. В качестве основного препарата в композиции были опробованы полиуретаны (по аналогии с зарубежными препаратами) и полиакрилаты.

Выявлено, что введение катионных соединений повышают показатели интенсивности окраски в 1,5 - 2 раза в зависимости от структуры катионного соединения.

Экспресс-метод оценки эффективности предпечатной подготовки тканей заключался в нанесении на модифицированную ткань капель белого пигмента. Положительный результат предполагал отсутствие растекания их и образование водного ореола. На рисунках в табл.1 наглядно продемонстрирован эффект введения в полимерную модифицирующую композицию катионного препарата каустамина в выверенной концентрации.

Влияние добавок каустимина в полимерную композицию на основе уретанового полимера на эффект праймирования ткани перед цифровой печатью	
	
Без добавок катионного препарата	С добавкой катионного препарата

В основе эффективности действия препаратов катионного типа лежит доказанная в электрохимических исследованиях зависимость между степенью катионизации, изменением дзета-потенциала и сорбционными свойствами целлюлозного волокна. Положительный заряд целлюлозного волокна обуславливает повышенную сорбцию анионных активных красителей катионизированным волокном [11].

Технические результаты цифровой печати по трикотажному полотну, модифицированному полимерной композицией, по интенсивности получаемых окрасок, прочности к трению и мокрым обработкам, подтвердили получение более доступной по цене продукции высокого качества при использовании разработанного праймера, не уступающего рекомендуемым зарубежными фирмами.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бельцов, В. М. Технологическое оборудование отделочных фабрик текстильной промышленности / В. М. Бельцов. – М.: Машиностроение, 1974. - 295 с.
2. Sagrist, G. Optimierung der Reaktivfärberei von Cellulosefasern / G. Sagrist, M. Haelters // *Melliand Textilberichte*. - 1979. – Bd. 60. - № 7. - S. 590-594.
3. Joos, W. Das Färben von Zellulosefasern mit Reaktivfarbstoffen nach dem Kaltlagerverfahren / W. Joos // *Textilveredlung*. - 1975. - V.10. - № 2. - S. 72-74.
4. Сафонов, В. В. Основные тенденции развития технологической отделки текстильных материалов / В. В. Сафонов // *Текстильная промышленность*. – 2001. - № 5. – С. 23-27.
5. Циркина, О. Г. Исследование процесса диффузии активных красителей в целлюлозный материал под воздействием поля ТВЧ / О. Г. Циркина, И. Б. Блиничева, Б. Н. Мельников и др. // *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности*. – 1994. - № 5. – С. 43-46.
6. Смирнова, О. К. Исследование влияния органических растворителей на состояние и сорбционную активность дисперсных и активных красителей / О.К. Смирнова, И.Б. Блиничева // *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности*. - 1982. - № 6. - С. 64-68.
7. Попиков, И. В. Действие органических растворителей на дисперсные активные красители / И. В. Попиков, Г. Е. Кричевский, Т. Д. Литовченко // *Изв. вузов. Технол. текст. пром-сти*. - 1976. - № 1. - С. 96-100.
8. Люц, В. Р. Исследование растворимости смолообразующих предконденсатов и активных красителей в органических растворителях / В. Р. Люц, И. Я. Калонтаров // *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности*. - 1975. - № 4. - С. 78-81.
9. Одинцова, О.И. Использование катионных препаратов для упрочнения окрасок текстильных материалов / О.И. Одинцова, М.Н. Кротова, Б.Н. Мельников // *Прикладная химия, Санкт-Петербург*.- 2009.- т. 82.- № 3.- С. 467-471.

10. Коновалова, М.В. Влияние предварительной обработки тканей в растворах четвертичных аммониевых соединений на интенсивность окраски активными красителями /М.В. Коновалова, Л. В. Сазонова // Изв. вузов. Технол. текст. пром-сти. - 1998. - № 6. - С. 75-78.
11. Гранатович, Н.Н. Разработка технологии эффективной подготовки текстильных материалов под цифровую печать активными красителями с применением катионных препаратов // Н.Н. Гранатович, М.К. Тараканов, Г.Е. Кричевский. Журнал «Текстильная промышленность», Научный альманах, спецвыпуск №7, 2006 г.- 30с.



## СОДЕРЖАНИЕ

1.	<b>ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРОЦЕССОВ ВЫРАЩИВАНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ ХЛОПКА И КОНОПЛИ – ОБОБЩЁННОЕ МНЕНИЕ СПЕЦИАЛИСТОВ</b> И.Ю. Белова, Ю.А. Шаммут	8
2.	<b>ТЕХНОЛОГИЯ СНИЖЕНИЯ ДЕФЕКТНОСТИ НАМОТКИ ШЕЛКОВЫХ НИТЕЙ НА КРУТИЛЬНЫХ МАШИНАХ</b> Г.Н. Валиев, Ж.И. Орипов, Н. Г. Валиев, М. Турдиев, В.О. Хомидов	12
3.	<b>СТРУКТУРА, НОВЫЕ ПАРАМЕТРЫ СЛОЯ НАМОТКИ МОТАЛЬНОЙ ПАКОВКИ И ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ЗАВИСИМОСТИ ИХ ОПРЕДЕЛЕНИЯ</b> Г.Н. Валиев	17
4.	<b>3D ПЕЧАТЬ ТЕКСТИЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ</b> А.П. Гречухин, А. Хабибуллоев, П.Н. Рудовский, М.Д. Рудковский	24
5.	<b>3D ОРТОГОНАЛЬНЫЕ ТКАНИ ДЛЯ СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ БРОНЕЗАЩИТЫ</b> А.П. Гречухин, А. Хабибуллоев, П.Н. Рудовский, М.Д. Рудковский	28
6.	<b>ОСОБЕННОСТИ СИМУЛЯЦИИ СЛОЖНОФАКТУРНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ВОРСОВЫХ МАТЕРИАЛОВ</b> М.А. Гусева, Е.Г. Андреева, К. Али кызы	33
7.	<b>ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ РУБЧИКОВЫХ ТКАНЕЙ</b> М.А. Дониёрова, Д.Б. Шамиев, Б.Б. Дониёров	38
8.	<b>РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА БРОНЕЗАЩИТНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ</b> А.А. Жукова, А.Г. Хосровян, Р.Р. Алешин, Г.А. Хосровян	42
9.	<b>РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПОВ ГРАДАЦИИ ВИРТУАЛЬНЫХ МАНЕКЕНОВ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОДЕЖДЫ</b> И.В. Жукова, В.Е. Кузьмичев	45
10.	<b>АНАЛИЗ ПРОСТЫХ ТКАЦКИХ СТАНКОВ ТИПА СТБ И РАЗРАБОТКА ОСНОВНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ МОДЕРНИЗАЦИИ ЗЕВООБРАЗОВАТЕЛЬНОГО МЕХАНИЗМА</b> Е.А. Левина, А.С. Сивцов, А.А. Тувин	51
11.	<b>ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ КОСТЮМНОГО АССОРТИМЕНТА ИЗ ЛЬНЯНЫХ МАТЕРИАЛОВ</b> О.В. Радченко, Н.Л. Корнилова, Е.А. Шолохова, П.А. Овсянникова	55
12.	<b>ТРЕНДЫ РАЗВИТИЯ ЦИФРОВОЙ МОДЫ В КЛЮЧЕВЫХ АСПЕКТАХ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ</b> Н.А. Сахарова, М. Коргут, Мохаммад Бесал Ахмед	61

13.	<b>РАЗРАБОТКА ДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ БАТАННОГО МЕХАНИЗМА ТКАЦКИХ СТАНКОВ ТИПА СТБ</b> А.П. Скрехин, А.А. Тувин	66
14.	<b>ИССЛЕДОВАНИЕ ТРИКОТАЖНЫХ ПОЛОТЕН</b> М.А. Сташева, А.Е. Стасенко, М.У. Мурзаева	71
15.	<b>ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КАК ИНСТРУМЕНТ СОХРАНЕНИЯ НЕМАТЕРИАЛЬНОГО НАСЛЕДИЯ</b> М.В. Сурикова	73
16.	<b>ПРОЕКТ СОЗДАНИЯ ОПЫТНОГО ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕМЕНТОВ ЛИВНЕВОЙ КАНАЛИЗАЦИИ ИЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ НЕТКАНЫХ ПОЛОТЕН</b> Ю.М. Трещалин, М.Ю. Трещалин	78
17.	<b>МЕТОДИКА АНАЛИЗА ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ВОЛОКНИСТЫХ СРЕД</b> Ю.М. Трещалин	83
18.	<b>МОДЕЛЬНО-ОРИЕНТИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ КАК МЕТОД СИНТЕЗА СТРУКТУРНОЙ ГЕОМЕТРИИ ВОЛОКНИСТОЙ АРМИРУЮЩЕЙ КОМПОНЕНТЫ В ИНТЕГРИРОВАННЫХ САД-СИСТЕМАХ</b> С.В. Ершов, И.А. Суворов, В.Б. Кузнецов, Е.Н. Калинин	90
19.	<b>ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ МЕСТНОГО ПОЛИЭФИРНОГО ВОЛОКНА, СФОРМОВАННОГО ИЗ ГРАНУЛ ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТА</b> С.Ш. Аъзамжонова, М.Б. Ирматова, И.А. Набиева, А.А. Миратаев	95
20.	<b>СОЗДАНИЕ ПРОГРАММНОГО МОДУЛЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО РАЗМЕРА АППАРАТА ДЛЯ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ</b> Л.В. Кожевникова, В.Б. Кузнецов, С.О. Кожевников	102
21.	<b>ВЫБОР И ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ РАБОТЫ РЕКУПЕРАТИВНОГО ТЕПЛООБМЕННИКА В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ГИПСОВЫХ БИНТОВ</b> Е.Н. Калинин, В.Б. Кузнецов, Е.Е. Корочкина	106
22.	<b>ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ БЛОКОВ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ОБОРУДОВАНИЕМ С ВНУТРЕННИМИ ИСТОЧНИКАМИ ТЕПЛОТЫ</b> Е.Е. Корочкина, О.В. Блинов	111
23.	<b>ИССЛЕДОВАНИЕ ТРИБОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТКАНЕЙ В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ НЕИОНОГЕННЫХ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ</b> В.Б. Кузнецов, Е.Н. Калинин, О.В. Блинов	117

24.	<b>К ВОПРОСУ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ТЕРМООБРАБОТОК НА ГИДРОЛИТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЛИОКСАДИАЗОЛЬНЫХ ВОЛОКОН</b> Б.П. Макаров, А.Ю. Матрохин, М.П. Михайлова	121
25.	<b>ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОЧНЫХ КЛЕЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ТЕКСТИЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ</b> Л.И. Бондаренко, О.В. Метелева	125
26.	<b>ОГНЕЗАЩИТНАЯ ТКАНЬ ДЛЯ СПЕЦ ОДЕЖДЫ</b> Н.Д. Набиев, Ф.С. Усманова, А.С. Рафиков, М.А. Абдукаримова, Ф.Н. Нуркулов, И.А. Набиева	131
27.	<b>ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПАВ В ПРОЦЕССАХ КОЛОРИРОВАНИЯ ЦЕЛЛЮЛОЗНОПОЛИЭФИРНЫХ ТКАНЕЙ</b> О.И. Одинцова, А.А.Липина,И.А. Муравьев, М.Д. Ильичева, А.Ф. Алехина,Е.С. Власкина	137
28.	<b>КРАШЕНИЕ НАТУРАЛЬНОГО ШЕЛКА ПРЯМЫМИ И АКТИВНЫМИ КРАСИТЕЛЯМИ В ПРИСУТСТВИИ БИОПОЛИМЕРА</b> К.М.Расулова, И.А. Набиева, К.М Исмаилова, Ш.Ш. Худойбердиев, Н.Р. Вохидова	141
29.	<b>МЕТОДЫ ОЦЕНКИ АДГЕЗИОННОЙ ПРОЧНОСТИ ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ ПОЛИТЕТРАФТОРЭТИЛЕНА, НАНЕСЕННОГО НА ПОЛИПРОПИЛЕНОВУЮ НИТЬ</b> А.В. Роговский, Г.М. Цатурян, С.Ю. Вавилова, Н.П. Пророкова	146
30.	<b>ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ПОВЫШЕНИЯ ГИДРОФОБНЫХ СВОЙСТВ ПОЛИЭФИРНОЙ ТКАНИ, ОБРАБОТАННОЙ ТЕЛОМЕРАМИ ТЕТРАФТОРЭТИЛЕНА, С ПОМОЩЬЮ ТЕКСТУРИРОВАНИЯ ПОКРЫТИЯ НАНОРАЗМЕРНЫМ ДИОКСИДОМ КРЕМНИЯ</b> С.О. Сивяков, Т.Ю. Кумеева, И.В. Холодков, Н.П. Пророкова	150
31.	<b>ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВИДА ФЕРМЕНТОВ НА ДЕСТРУКЦИЮ НАТУРАЛЬНОГО ШЕЛКА</b> Г. Шарифжанова, В.Д. Хамидова	155
32.	<b>ЦЕМЕНТНЫЙ КОМПОЗИТ С ВОЛОКНАМИ ЛАВСАНА</b> Ю.А. Щепочкина	158
33.	<b>СТРУКТУРА, ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ НИТЕЙ НА ОСНОВЕ ПОЛИПРОПИЛЕНА</b> Н.П. Пророкова	161
34.	<b>РАЗРАБОТКА АВТОРСКОЙ КОЛЛЕКЦИИ МОДЕЛЕЙ ОДЕЖДЫ ДЛЯ БРЕНДА «ALLO» В ТРЕНДАХ ИНТЕГРАЦИИ ИНДУСТРИИ МОДЫ В DIGITAL СРЕДУ</b> С.О. Абилова, Н.А. Сахарова	167

35.	<b>ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ЧУЛОЧНО-НОСОЧНОЙ ПРОДУКЦИИ ИЗ ПОЛИАМИДА</b>	170
	З.А. Асхабова, Ю.Д. Шулаева, Е.Л. Владимирцева	
36.	<b>ПОЛИЭФИРНАЯ ТКАНЬ С ПОКРЫТИЕМ НА ОСНОВЕ ДИОКСИДА ТИТАНА, СФОРМИРОВАННЫМ РАЗЛИЧНЫМИ МЕТОДАМИ: АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫЕ И ФУНГИЦИДНЫЕ СВОЙСТВА</b>	173
	В.М. Бажанов, А.А. Трифонова, О.Ю. Кузнецов, Н.П. Пророкова	
37.	<b>БЕНТОНИТ КАК МОДИФИКАТОР СВОЙСТВ ТЕКСТИЛЬНЫХ ВОЛОКОН</b>	177
	Ф.А. Быков, А.М. Наливаева, Е.Л. Владимирцева	
38.	<b>РАЗРАБОТКА ГИБРИДНОГО ТРИКОТАЖА ДЛЯ МЕДИЦИНСКОЙ МАСКИ</b>	181
	Д.И. Быковский, А.В. Чарковский, А.С. Дягилев	
39.	<b>РАЗРАБОТКА МЕТОДА ДИАГНОСТИРОВАНИЯ КАЧЕСТВА РУКАВОВ ВИРТУАЛЬНОЙ ОДЕЖДЫ</b>	187
	Ван Сида	
40.	<b>РАЗРАБОТКА ВОДНО-ДИСПЕРСИОННОЙ ПОЛИУРЕТАНОВОЙ КОМПОЗИЦИИ С АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫМИ СВОЙСТВАМИ</b>	189
	А.А. Гирфанутдинов, И.В. Жукова, С.Н. Иванова, Т.А. Федорова	
41.	<b>АДАПТАЦИЯ НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЗОНИРОВАНИЯ СОВРЕМЕННОГО АРХИТЕКТУРНОГО ПРОСТРАНСТВА С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ДИЗАЙНА</b>	194
	М.В. Гринкевич (Денисова), Е.В. Полякова, Е.Е. Докучаева	
42.	<b>ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ТЕКСТИЛЯ С НАБИВНЫМИ РИСУНКАМИ ПО ТРЕБОВАНИЯМ СИЛОВЫХ СТРУКТУР</b>	200
	Р.А. Гришин, А.Р. Зимнуров, Е.Б. Санжеева, О.В. Козлова	
43.	<b>ВЛИЯНИЕ ТИПА ВОЛОКНИСТОГО МАТЕРИАЛА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДЕЙСТВИЯ НА НЕГО ОГНЕЗАЩИТНЫХ ПРЕПАРАТОВ</b>	203
	Р.Н. Демидов, А.С. Федоринов, Е.Л. Владимирцева, Е.П. Сидоренкова	
44.	<b>ПОЛУЧЕНИЕ ГЕМОСТАТИЧЕСКИХ ПЛЕНОК МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОФОРМОВАНИЯ</b>	206
	М.А. Демидова, В.А. Новицкая, Д.Б. Рыклин, С.В. Гвоздев	
45.	<b>ПОЛУЧЕНИЕ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ДИОКСИДА ТИТАНА И ХЛОПКОВЫХ ТКАНЕЙ</b>	212
	Ю.С. Духова, А.В. Евдокимова	

46.	<b>ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМЫ МАШИННОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ БЕСКОНТАКТНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ УГЛА ПЛЕТЕНИЯ В ТЕКСТИЛЬНЫХ ПРЕФОРМАХ</b> С.В. Ершов, Й. Закман, Б. Вольбрехт, Е.Н. Калинин, Т. Грис	215
47.	<b>ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАКЕТНОЙ ТКАНИ В ПРОЕКТИРОВАНИИ КОЛЛЕКЦИЙ ОДЕЖДЫ НА СТАДИИ ВЫБОРА ЦВЕТОВОГО РЕШЕНИЯ</b> Р.Н. Зыков, С.С. Вишнева, Ф.Т. Шабанова, О.Н. Сони́на	219
48.	<b>ОСОБЕННОСТИ ПОДГОТОВКИ ТЕКСТИЛЬНОГО РИСУНКА К ПОЛУТОНОВОЙ ТРАФАРЕТНОЙ ПЕЧАТИ</b> А.В. Кельцына	222
49.	<b>ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ СВОЙСТВ ТРИКОТАЖНЫХ ПОЛОТЕН ДЛЯ БЕЛЬЕВЫХ ИЗДЕЛИЙ</b> Е.С. Куклина, Е.Н. Власова	226
50.	<b>АКТУАЛЬНОСТЬ ИСТОРИЧЕСКОГО НАСЛЕДИЯ ИВАНОВСКОЙ ШКОЛЫ ТЕКСТИЛЬНОГО ДИЗАЙНА</b> Д.Г. Левченко, А.Г. Левченко, О.В. Сурикова	230
51.	<b>РАЦИОНАЛЬНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ УМЯГЧАЮЩЕЙ ОТДЕЛКИ ЛЬНОСОДЕРЖАЩИХ МАХРОВЫХ ИЗДЕЛИЙ</b> К.А. Ленько, Н.Н. Ясинская, Н.В. Скобова, Д.Л. Лисовский	236
52.	<b>ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МИКРОВОЛОКОН НА ПОКАЗАТЕЛИ ВОЗДУХОПРОНИЦАЕМОСТИ И СУММАРНОГО ТЕПЛООВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ОБЪЕМНЫХ НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ</b> М.С. Лисаневич, Е.В. Мезенцева, В.Ю. Мишаков	242
53.	<b>ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ТРИКОТАЖНЫХ ПОЛОТЕН ПРИМЕНИТЕЛЬНО К АССОРТИМЕНТУ ООО «МИРТЕКС»</b> М.С. Лобанова, Д.А. Мирошниченко, И.С. Барабанщикова, Т.В. Смирнова	245
54.	<b>ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОЛЛЕКЦИИ КОВРОВ С УЧЕТОМ ОСОБЕННОСТЕЙ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОИЗВОДСТВА И ЦЕНОВОГО СЕКТОРА</b> О.П. Лященко, Е.В. Полякова	250
55.	<b>ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЕЛЬЕФНЫХ ЖАККАРДОВЫХ ТКАНЕЙ</b> М.С. Мамай, Е.В. Полякова	256
56.	<b>КАТАЛИТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЛИМЕРНЫХ ПЛЁНОЧНЫХ КОМПОЗИТОВ, НАПОЛНЕННЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИМИ ЧАСТИЦАМИ</b> В.В. Марценюк, А.А. Лысенко	262

57.	<b>РАСШИРЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ ЛЬНОСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ОДЕЖДЫ</b>	267
	Д.В. Борзова, Е.А. Банакова, А.В. Корнилович	
58.	<b>РАЗРАБОТКА КЛАССИФИКАЦИИ ДЕФЕКТОВ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ</b>	270
	Д.А. Мирошниченко, М.С. Лобанова, Т.Ю. Карева	
59.	<b>ЭКСПЕРТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ПОСТЕЛЬНОГО БЕЛЬЯ</b>	275
	А.М. Моманд, Д. Языкова, Е.Н. Власова	
60.	<b>ЦИФРОВАЯ ПЕЧАТЬ В ОДЕЖДЕ КАК ИННОВАЦИОННЫЙ СПОСОБ «ОСОЗНАННОЙ МОДЫ»</b>	279
	В.А. Павлинова, А.Н. Малинская	
61.	<b>ПРОТИВОИЗНОСНОЕ ДЕЙСТВИЕ ПРИСАДОК РАЗЛИЧНОЙ ПРИРОДЫ В СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛАХ ТКАЦКИХ СТАНКОВ</b>	282
	А.С. Парфенов, А.А. Тувин	
62.	<b>РУЧНАЯ ТЕХНИКА ГОРЯЧЕГО ПРЕССОВАНИЯ И ПРИМЕНЕНИЕ ЕЕ ФОРМООБРАЗУЮЩИХ СВОЙСТВ В ДИЗАЙНЕ ОДЕЖДЫ</b>	286
	Э.В. Лепихина, Е.В. Полякова, В.А. Бычков	
63.	<b>ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИИ ВЫРАБОТКИ ИЗДЕЛИЙ С ЭЛЕМЕНТАМИ ДЕКОНСТРУКЦИИ</b>	290
	Н.Р. Пясковская, Е.В. Николаева	
64.	<b>КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ НИЗА ОБУВИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТХОДОВ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ</b>	296
	А.Н. Радюк, Ю.В. Дойлин, А.Н. Буркин	
65.	<b>АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ РАДИАЦИОННОЙ СТЕРИЛИЗАЦИИ НА ПОКАЗАТЕЛЬ ПОВЕРХНОСТНОЙ ЖЕСТКОСТИ ПРИ ИЗГИБЕ НЕТКАНОГО МАТЕРИАЛА ХОЛЛОФАЙБЕР®</b>	301
	Р.Д. Рахматуллина, М.С. Лисаневич, Е.В. Мезенцева	
66.	<b>РАЗРАБОТКА ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СПЕЦОДЕЖДЫ С ДОПЭЛЕМЕНТАМИ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ ЛОКАЛЬНОГО ОБЛИВА ХИМИЧЕСКИМИ ВЕЩЕСТВАМИ</b>	306
	С.М. Сверчков, А.А. Сухова	
67.	<b>ОТДЕЛКА ЛЬНЯНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРЕПАРАТОВ НА ОСНОВЕ ГИДРОКСИПРОПИЛ-В-ЦИКЛОДЕКСТРИНА</b>	308
	А.А. Соловьёва, Е.Л. Владимирцева, С.В. Смирнова	

68.	<b>ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЛЬНЯНОЙ ОДЕЖДЫ ЛЕГКОГО И КОСТЮМНОГО АССОРТИМЕНТА, СОВМЕЩЕННОЙ С БИОМОДИФИКАЦИЕЙ ТКАНЕЙ</b> Т.С. Солодушенкова, Н.Л. Корнилова, Ю.А. Шаммут	312
69.	<b>МАЛОРАСТЯЖИМЫЕ ТЕКСТИЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ</b> А.С. Степаненко, С.И. Пивкина	319
70.	<b>ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕРИАЛА «ТΥΥЕК» ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ВЕРХНЕЙ ОДЕЖДЫ</b> П.Ю. Стрельцовайте, М.Р. Смирнова	322
71.	<b>РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ 3D МОДЕЛИРОВАНИЯ ВОЛОКНИСТОЙ АРМИРУЮЩЕЙ КОМПОНЕНТЫ И РАСЧЕТА ЕЕ СТРУКТУРНОЙ ГЕОМЕТРИИ ПО ЗАДАНЫМ ПАРАМЕТРАМ ТКАНОГО ПОЛОТНА И НИТЕЙ</b> И.А. Суворов, В.Б. Кузнецов, Е.Н. Калинин, Б.Е. Манин, Т. Грис	325
72.	<b>РАЗРАБОТКА МЕТОДА ВИРТУАЛЬНОГО СШИВАНИЯ ЖЕНСКОЙ ОДЕЖДЫ С ПРОГНОЗИРУЕМЫМ УРОВНЕМ КАЧЕСТВА ПОСАДКИ</b> Ся Пэн	329
73.	<b>UPCYCLING-БРЕНД "HELENA TADESSE": ЭКОЛОГИЗАЦИЯ БРЕНДА ОДЕЖДЫ ЧЕРЕЗ ДИЗАЙН</b> Х.А. Тадессе, Е.В. Максимова	331
74.	<b>СУМКА-ШОППЕР ИЗ СУРОВОЙ ХЛОПЧАТОБУМАЖНОЙ ТКАНИ КАК АЛЬТЕРНАТИВА ПОЛИЭТИЛЕНОВЫМ ОДНОРАЗОВЫМ ПАКЕТАМ</b> В.Р.Тесленко, Е.А. Павлычева, О.Н. Сони́на	336
75.	<b>ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАНОЧАСТИЦ ОКСИДА ГРАФЕНА ДЛЯ АНТИБАКТЕРИАЛЬНОЙ ОТДЕЛКИ ТКАНЕЙ</b> А.В. Трегубов, К.А. Ерзунов, А.Ф. Алехина, Л.С. Петрова, О.И. Одинцова	340
76.	<b>ОЦЕНКА ПРОТЕОЛИТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТЕКСТИЛЬНЫХ АППЛИКАЦИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ЛЕЧЕНИИ РАН</b> Ю. С. Фидоровская	345
77.	<b>МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИЗГОТОВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ И СЛОЖНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ТКАЦКОГО СТАНКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ</b> А. Хабибуллоев, А. П. Гречухин, И.В. Старинец, М.Д. Рудковский	349
78.	<b>АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ НОРМАТИВНОЙ БАЗЫ НА КОМПЛЕКСНУЮ ОЦЕНКУ КАЧЕСТВА. МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ОТДЕЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА НЕТКАНЫХ ПОЛОТЕН</b> О.С. Чахоян	353

79. **ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА ЦИФРОВОЙ ПЕЧАТИ  
АКТИВНЫМИ КРАСИТЕЛЯМИ ПО ТРИКОТАЖУ ПУТЕМ ЕГО  
ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ МОДИФИКАЦИИ**

358

В.А. Чернякова, М.В. Раскачнова, Е.Б. Санжеева, О.В. Козлова



*Научное издание*

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

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ  
XXIV Международного научно-практического форума  
«SMARTEX – 2021»**

Ответственный за выпуск  
Компьютерная верстка  
Дизайн обложки

А.П. Новикова  
Н.А. Онипченко  
А.П. Новиковой

Статьи публикуются в авторской редакции

Формат 1/8 60x84.  
Усл. печ. л. 43. Уч. - изд. л. 20,3

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет»  
153000, г. Иваново, Шереметевский пр., 21  
Адрес в Интернете: [www.ivgpu.com](http://www.ivgpu.com)