

Министерство образования и науки  
Российской Федерации

**ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ**

# **ТЕХНОЛОГИЯ ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ОСНОВАН В ДЕКАБРЕ 1957 ГОДА, ВЫХОДИТ 6 РАЗ В ГОД

**№ 6 (360)  
2015**

*Журнал включен в "Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, выпускаемых в Российской Федерации, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук"*

Журнал представлен в Научной электронной библиотеке (НЭБ) и имеет импакт-фактор РИНЦ

Журнал включен в Международные базы данных: SCOPUS и CAS(pt), индексирующие научные издания

Электронный вариант журнала размещен на сайте <http://ti.ivgpu.com/ivttp>

Издание Ивановского государственного политехнического университета

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор: *Р.М. АЛОЯН (чл.-корр. РААСН, д.т.н., проф.).*  
Первый заместитель главного редактора: *С.В. ФЕДОСОВ (академик РААСН, д.т.н., проф.).*

Заместители главного редактора:

*М.Г. БАЛЫХИН (к.э.н., проф.), А.Г. МАКАРОВ (д.т.н., проф.), К.Э. РАЗУМЕЕВ (д.т.н., проф.).*  
*Б.Н. ГУСЕВ (д.т.н., проф.), А.Б. ПЕТРУХИН (д.т.н., проф.).*

Члены редколлегии:

*Н.М. АШНИН (д.т.н., проф.), В.В. ЛЮБИМЦЕВ (д.т.н., проф.), А.П. СОРКИН (д.т.н., проф.),*  
*В.С. БЕЛГОРОДСКИЙ (к.т.н., д.с.н.), В.Л. МАХОВЕР (д.т.н., проф.), Б.Б. СТРОГАНОВ (д.т.н., проф.),*  
*В.Н. БЛИНИЧЕВ (д.т.н., проф.), С.Д. НИКОЛАЕВ (д.т.н., проф.), Ф.Ю. ТЕЛЕГИН (д.х.н., проф.),*  
*В.В. ВЕСЕЛОВ (д.т.н., проф.), Ю.В. ПАВЛОВ (д.т.н., проф.), А.А. ТЕЛИЦЫН (д.т.н., проф.),*  
*В.Ф. ГЛАЗУНОВ (д.т.н., проф.), С.В. ПАЛОЧКИН (д.т.н., проф.), В.И. ТЕРЕНТЬЕВ (д.т.н., проф.),*  
*В.А. ЗАВАРУЕВ (д.т.н., проф.), Е.Л. ПАШИИ (д.т.н., проф.), А.А. ТИТУНИН (д.т.н., проф.),*  
*В.М. ЗАРУБИН (к.т.н., проф.), А.Ф. ПЛЕХАНОВ (д.т.н., проф.), А.В. ФИРСОВ (д.т.н., проф.),*  
*Е.Н. КАЛИНИН (д.т.н., проф.), Л. П. РОВИНСКАЯ (д.т.н., проф.), В.Д. ФРОЛОВ (д.т.н., проф.),*  
*А.М. КИСЕЛЕВ (д.т.н., проф.), В.Е. РОМАНОВ (д.т.н., проф.), Г.И. ЧИСТОБОРОДОВ*  
*М.В. КИСЕЛЕВ (д.т.н., проф.), П.Н. РУДОВСКИЙ (д.т.н., проф.), (д.т.н., проф.),*  
*К.И. КОБРАКОВ (д.т.н., проф.), В.В. САФОНОВ (д.т.н., проф.), Л.П. ШЕРШНЕВА (д.т.н., проф.),*  
*Ж.Ю. КОЙТОВА (д.т.н., проф.), П.А. СЕВОСТЬЯНОВ (д.т.н., проф.), Ю.С. ШУСТОВ (д.т.н., проф.),*  
*А.Р. КОРАБЕЛЬНИКОВ (д.т.н., проф.), Н.А. СМИРНОВА (д.т.н., проф.), В.П. ЩЕРБАКОВ (д.т.н., проф.),*  
*Н.Л. КОРНИЛОВА (д.т.н., проф.), Г.Г. СОКОВА (д.т.н., проф.), С.С. ЮХИН (д.т.н., проф.).*

Ответственный секретарь *С.Л. ХАЛЕЗОВ.*

*Адрес редакции: 153000, г. Иваново, Шереметевский пр., 21.*  
*Тел.: (4932) 41-75-02. Факс: (4932) 41-50-88.*  
*E-mail: ttp@ivgpu.com*  
*http://ti.ivgpu.com/ivttp*

Издание зарегистрировано в Министерстве печати РФ. Регистрационный №796. Сдано в набор 02.12.2015.  
Подписано в печать 29.12.2015. Формат 60x84 1/8. Бум. кн.-журн. Печать офсетная. Усл.-печ. л. 29,76;  
Усл. кр.-отт. 30,26. Заказ 552.

Тираж 400 экз.

"Известия вузов. Технология текстильной промышленности"  
Издание Ивановского государственного политехнического университета  
153000, г. Иваново, Шереметевский пр., 21.  
E-mail: ttp@ivgpu.com

Издательско-полиграфический комплекс "ПресСто"  
153025, г. Иваново, ул. Дзержинского, 39, оф. 307  
Тел. (4932) 30-42-91, 30-43-07  
E-mail: pressto@mail.ru

© "Известия вузов. Технология текстильной промышленности", 2015

Ministry of Education and Science  
of Russian Federation

PROCEEDINGS OF HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS

**TEXTILE  
INDUSTRY  
TECHNOLOGY**

SCIENTIFIC AND TECHNICAL JOURNAL

ESTABLISHED IN DECEMBER OF 1957, 6 ISSUES PER YEAR

**№ 6 (360)  
2015**

*The journal is included in the "List of the leading peer-reviewed journals and publications issued in the Russian Federation, in which the major scientific results of dissertations for the degrees of doctor and candidate of sciences should be published"*

The journal is presented in the  
Scientific Electronic Library and  
has an RSCI impact factor

The journal is included in the  
Scopus and CAS(pt) bibliographic  
databases

The on-line version of the journal  
is available at  
<http://ti.ivgpu.com/ivttp>

Published by Ivanovo State Polytechnic University

EDITORIAL BOARD

Chief editor: *R.M. ALOYAN (corr. memb. RAACS, d.en.s., prof.).*  
First deputy of chief editor: *S.V. FEDOSOV (acad. RAACS, d.en.s., prof.).*

Deputy editors:  
*M.G. BALYKHIN (c.ec.s., prof.),* *A.G. MAKAROV (d.en.s., prof.),* *K.E. RAZUMEEV (d.en.s., prof.).*  
*B.N. GUSEV (d.en.s., prof.),* *A.B. PETRUKHIN (d.en.s., prof.),*

Editorial board members:

*N.M. ASHNIN (d.en.s., prof.),* *V.V. LYUBIMTSEV (d.en.s., prof.),* *A.P. SORKIN (d.en.s., prof.),*  
*V.S. BELGORODSKII (c.en.s., d.soc.s),* *V.L. MAKHOVER (d.en.s., prof.),* *B.B. STROGANOV (d.en.s., prof.),*  
*V.N. BLINICHEV (d.en.s., prof.),* *S.D. NIKOLAEV (d.en.s., prof.),* *F.YU. TELEGIN (d.ch.s., prof.),*  
*V.V. VESELOV (d.en.s., prof.),* *YU.V. PAVLOV (d.en.s., prof.),* *A.A. TELITSYN (d.en.s., prof.),*  
*V.F. GLASUNOV (d.en.s., prof.),* *S.V. PALOCHKIN (d.en.s., prof.),* *V.I. TERENT'EV (d.en.s., prof.),*  
*V.A. ZAVARUEV (d.en.s., prof.),* *E.L. PASHIN (d.en.s., prof.),* *A.A. TITUNIN (d.en.s., prof.),*  
*V.M. ZARUBIN (d.en.s., prof.),* *A.F. PLEKHANOV (d.en.s., prof.),* *A.V. FIRSOV (d.en.s., prof.),*  
*E.N. KALININ (d.en.s., prof.),* *L.P. ROVINSKAYA (d.en.s., prof.),* *V.D. FROLOV (d.en.s., prof.),*  
*A.M. KISELEV (d.en.s., prof.),* *V.E. ROMANOV (d.en.s., prof.),* *G.I. CHISTOBORODOV*  
*M.V. KISELEV (d.en.s., prof.),* *P.N. RUDOVSKII (d.en.s., prof.),* *(d.en.s., prof.),*  
*K.I. KOBRAKOV (d.en.s., prof.),* *V.V. SAFONOV (d.en.s., prof.),* *L.P. SHERSHNEVA (d.en.s., prof.),*  
*ZH.YU. KOYTOVA (d.en.s., prof.),* *P.A. SEVOSTYANOV (d.en.s., prof.),* *YU.S. SHUSTOV (d.en.s., prof.),*  
*A.R. KORABELNIKOV (d.en.s., prof.),* *N.A. SMIRNOVA (d.en.s., prof.),* *V.P. TSHERBAKOV (d.en.s., prof.),*  
*N.L. KORNILOVA (d.en.s., prof.),* *G.G. SOKOVA (d.en.s., prof.),* *S.S. YUKHIN (d.en.s., prof.),*  
*N.A. KULIDA (d.en.s., prof.),*

Executive secretary *S.L. KHALEZOV.*

*Address: 153000, Ivanovo, Sheremetev av., 21.*  
*Tel.: +7(4932)41-75-02, fax: +7(4932)41-50-88.*  
*E-mail: ttp@ivgpu.com*  
*http:// ti.ivgpu.com/ivttp*

---

Registered with the Ministry of Printing of Russian Federation. Registration no. 796. Passed for typesetting on 02.12.2015.  
Signed for printing on 29.12.2015. Format 60×84 1/8. Book/journal paper. Offset printing. 29.76 conventional sheets.  
30.26 conventional. Order 552.

Circulation of 400.

---

"Proceedings of institutions of higher education. Textile Industry Technology"

Published by Ivanovo State Polytechnic University

153000, Ivanovo, Sheremetev av., 21.

E-mail: ttp@ivgpu.com

Publishing-printing complex "PresSto"

153025, Ivanovo, Dzerdzinskogo, 39, of. 307

Tel. (4932) 30-42-91, 30-43-07

E-mail: pressto@mail.ru



УДК 378.1

**РЕШЕНИЕ КАДРОВЫХ ПРОБЛЕМ  
ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ  
ЧЕРЕЗ ИНТЕГРАЦИЮ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА**

**DECISION OF PERSONNEL PROBLEMS  
OF TEXTILE INDUSTRY THROUGH THE INTEGRATION  
OF EDUCATIONAL PROCESS**

*Н.В. МОРГУНОВА, И.А. ЗАЙЦЕВА*

*N.V. MORGUNOVA, I.A. ZAITSEVA*

(Владимирский государственный университет  
им. Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых)  
(Vladimir State University named after Alexander and Nikolay Stoletovs)  
E-mail: ilgakoja@mail.ru

*В статье рассмотрены проблемы кадрового обеспечения текстильной промышленности Владимирской области. Приведен краткий обзор состояния текстильной промышленности региона. Предложены варианты взаимодействия высших учебных заведений и работодателей.*

*The article deals with the problem of staffing the textile industry of the Vladimir region. A brief review of the state of the textile industry in the region. The variants of the interaction of higher education institutions and employers.*

**Ключевые слова:** кадровое обеспечение, специалисты текстильной промышленности, партнерство в системе профессионального образования.

**Keywords:** staffing, experts of the textile industry, partnership in vocational education.

Легкая промышленность является одной из отраслей комплекса, производящей не только товары народного потребления (ткани, одежду, трикотаж, текстильную и кожаную галантерею и другое), но и выпускающей сырье и вспомогательные материалы для других отраслей народного хозяйства.

В XIX веке Владимирская губерния – один из центров текстильного производ-

ства. Здесь вырабатывалось более 30% хлопчатобумажных тканей, производимых в России. Благодаря столь крупному производству, вокруг вновь созданных фабрик образовывались рабочие поселки: Лакинск, Карабаново, Красная Горбатка.

В условиях жесточайшей конкуренции, устаревшие советские предприятия не в состоянии были бороться за потребителя. Старая бизнес-модель в текстильной про-

мышленности дала трещину: стоимость труда российского работника во многом превосходила требования рабочих Индии, Китая, Тайланда, Бангладеша и Вьетнама. Продукция из азиатских стран в большинстве своем отличается низким и средним качеством и столь же невысокими ценами. Однако в отличие от текстиля такой же ценовой категории российского производства импортная ткань выпускается в большом ассортименте и с более современным дизайном, который является частично оригинальным, частично копируется производителями из чужих коллекций. Производители Америки и Европы поставляют в Россию качественные и красивые ткани, но их стоимость оказывается слишком высокой для отечественных производителей одежды и прочих товаров из текстиля, поэтому доля западных брендов на российском текстильном рынке невелика.

Отечественные производители сталкиваются с проблемой, которая связана с неполными загрузками и частыми остановками производства на срок от четырех и более месяцев. В первую очередь это касается компаний, которые производят хлопковые ткани, и объясняется удорожанием сырья и недостаточными его поставками из-за рубежа. Кроме того, среди основных проблем отрасли можно также назвать низкий технический уровень производства (большинство предприятий используют давно устаревшую технику), недостаток инвестиций для его обновления и большую зависимость отечественных производителей от мирового рынка сырья. Одна из главных тенденций этого рынка – увеличение спроса на качественную и при этом доступную по цене продукцию с оригинальным и, главное, актуальным дизайном.

Поэтому в настоящее время во многих районах Владимирской области бывшие текстильные цеха либо перепрофилированы под торговлю, либо пустуют.

Исключением является одно из немногих предприятий, которое не только выжило в 90-е годы, но и активно развивается. Как рассказывает генеральный директор ООО "Предприятие нетканых материалов" Сергей Радкевич: "За 2013 г. мы потратили

на модернизацию производства 195 млн. руб., а всего на это предусмотрено 700 млн. до 2020 г. – как собственных, в том числе и кредитных, так и средств государственной поддержки".

С 2014 года предприятие стало участником инновационной госпрограммы – благодаря помощи губернатора области Светланы Орловой. На предприятии работает около 400 человек [4].

Администрация Владимирской области на своем официальном Интернет-портале в конце октября 2014 года опубликовала справку о социально-экономическом развитии региона за январь-сентябрь 2014 года. За этот период обеспечен рост основных показателей, характеризующих социально-экономическое развитие Владимирской области. Вместе с тем снизились объемы текстильного и швейного производства (85,8%), целлюлозно-бумажного производства, издательской и полиграфической деятельности (86,9%) вследствие снижения потребительского спроса [5].

В Постановлении "О прогнозе социально-экономического развития Владимирской области на 2015 год и плановый период 2016 и 2017 годов" отмечено, что ожидается прирост объема текстильного и швейного производства на 1% за счет стабильной работы одного из ведущих производителей швейных изделий в области – ОАО "Сударь", создания новых высокопроизводительных мощностей по выпуску нетканых полотен, внедрения новых технологий иглопрошивания и термоскрепления волокон, разработанных ООО "Предприятие нетканых материалов" (г. Вязники). В прогнозируемом периоде при условии проведения модернизации производства ОАО "Юрьев-Польская ткацко-отделочная фабрика "Авангард" и ОАО "ХК "Владимирский текстиль", а также стабильной работы предприятий малого бизнеса ежегодный прирост производства текстильной и швейной продукции составит 1% [1].

По данным Федеральной службы государственной статистики Владимирской области на 1 октября 2014 года число организаций, занимающихся текстильным и

швейным производством, составило 389 единиц.

Пусть текстильная промышленность и не входит в лидеры производства в нашем регионе, однако специалисты с отраслевым образованием в ней всегда востребованы.

В настоящее время существенной проблемой является нехватка квалифицированных специалистов высшего и среднего звена в кадрах текстильной промышленности Владимирской области.

По данным мониторинга потребности в профессиональной подготовке квалифицированных рабочих кадров и специалистов для отдельных сфер экономики Владимирской области до 2016 года составлена диаграмма заявленной потребности в подготовке рабочих кадров (оператор швейного оборудования, ткач) (рис. 1).

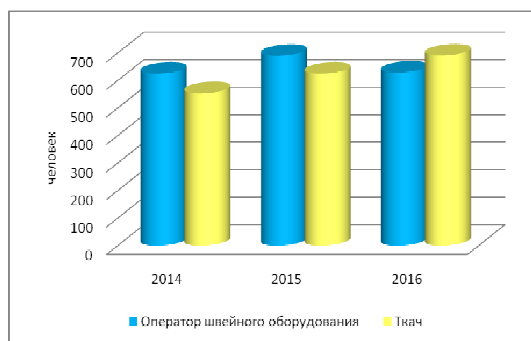


Рис. 1

В топ-10 наиболее востребованных профессий Владимирской области на первом месте находится профессия швеи. В соответствии со Справочником современных профессий, размещенном на сайте департамента по труду и занятости населения администрации Владимирской области, к современным относят профессию дизайнера одежды.

Дизайнер одежды создает модели одежды, обуви, аксессуаров для промышленного или индивидуального производства, разрабатывает эскизы моделей, выбирает ткани, аксессуары, готовит для конструктора одежды и швей инструкции по изготовлению, контролирует качество продукции. Обладает ярким творческим воображением, знает современные материалы, фурнитуру, технологию. Для эффек-

тивной деятельности дизайнер должен иметь высшее образование.

Решить проблему дефицита квалифицированных кадров текстильной промышленности возможно путем подготовки новых и переподготовки старых кадров.

Несомненно, если абитуриент решил связать карьеру с текстильной промышленностью, то ему необходимо поступать в отраслевой вуз. В нем ему предложат множество специальностей, связанных с разными видами текстильного производства: "Технология текстильных изделий", "Конструирование швейных изделий" и др.

В Ивановской области активно ведется масштабное техническое перевооружение действующих текстильных и швейных производств. В настоящее время на территории работают 6 холдингов, производящих текстильные изделия [3].

На совещании 31 октября 2014 года по развитию текстильной промышленности под председательством премьер-министра РФ Дмитрия Медведева губернатор Ивановской области отметил: "Ивановский регион по-прежнему остается лидером хлопчатобумажного производства, здесь производится 70% хлопчатобумажных тканей и здесь же 60% выпущенных тканей перешиваются в готовые изделия".

Основной проблемой в подготовке кадров для текстильной промышленности является то, что в настоящее время учебные заведения практически утратили связь с базовыми предприятиями, устарела и практически не обновляется материальная база.

Владимирским текстильным предприятиям целесообразно заключать соглашения с Ивановскими университетами о партнерстве в сфере подготовки квалифицированных кадров для текстильной промышленности Владимирской области. Отличительным признаком развивающихся партнерских отношений на текстильных предприятиях можно считать взаимную заинтересованность, которая сознательно поддерживается усилиями контрагентов [2]. Соглашение должно быть направлено на укрепление партнерства в области подготовки кадров в системе профессионального образования и обеспечения высокого

уровня и качества подготовки квалифицированных рабочих и специалистов, усиление связи обучения с производством, укрепление кадрового потенциала образовательных учреждений. Также важным в соглашении является создание необходимых условий для обеспечения квалифицированными кадрами предприятий текстильной промышленности в соответствии с запросами работодателей.

Студенческая практика является самым популярным способом взаимодействия вуза и работодателя. "Противоречие нарастает к старшим курсам, когда в вузах резко падает посещаемость целого ряда дисциплин, – рассказывает ректор ГУ-ВШЭ Ярослав Кузьминов. – Студенты предпочитают в это время проходить практику, на которую они устроились самостоятельно, или работать (часто не по специальности). Выходом является организация системы взаимодействия вуза с основными базами практики, то есть с компаниями, где студенты могли бы выполнять работу по своему профилю". Такая схема партнерства, по мнению г-на Кузьминова, выгодна всем. Фирма, допускающая до своих рабочих мест студентов, имеет возможность увидеть недипломированных специалистов в работе. Ведь компании избегают брать неопытных выпускников сразу в штат, опасаясь получить "кота в мешке", и такого рода взаимодействие является для них достойным выходом. Выгодно оно и для вуза, который не только восполняет пробел в практических занятиях, но и в некоторых случаях получает материальную отдачу.

Современная форма взаимодействия – формирование эндаументов (целевых капиталов) ведущих университетов – еще только обретает форму законопроекта и обсуждается вузовским сообществом. Перспектива их использования радужна: бизнес передает средства университету, который в свою очередь вкладывает их в акции или ценные бумаги и тратит полученные проценты на свои нужды. Таким образом, капитал бизнесменов работает на будущее, создавая постоянную подпитку университету. Однако в самом начале процесса создания эндаументов не стоит рас-

считывать на большой энтузиазм бизнес-сообщества и существенную прибыль университетов. "Вряд ли нам удастся собрать эндаументы в том виде, в котором они существуют в Гарварде, Кембридже и т.д., и обеспечить четверть или треть потока финансирования университета, – считает г-н Кузьминов. – Вначале речь пойдет о более скромных деньгах, может быть, нескольких миллионах долларов, которые соберут для ведущих региональных университетов местные бизнесмены". Но и это будет большим достижением – компании смогут сформировать серьезные финансовые фонды и стабильную базу для развития университетов.

Многие виды сотрудничества вузов и бизнеса (целевые программы, обучение в корпоративных университетах и т.д.), по большому счету, являются товарно-денежными отношениями. Работодатель выделяет средства, чтобы получить специалиста с нужными ему компетенциями, а вуз выполняет индивидуальный заказ. Сегодня таких программ и работодателей много, но все же недостаточно, чтобы изменить систему вузовского образования в целом. Нужны не только особые формы обучения, но и обновленные стандарты образования. В этом вопросе вузам опять необходима помощь работодателей.

Бизнес-объединения давно и активно участвуют в разработке образовательных стандартов, однако считают, что формировать запросы и требования к системе образования должны не только они. "Не надо пытаться получить образовательные стандарты от бизнеса, – считает руководитель комитета по кадрам Общероссийской общественной организации "ОПОРА России" Юрий Песоцкий. – Самостоятельно, без поддержки вузовской общественности мы эту работу не выполним".

Модернизации системы образования можно достичь лишь в том случае, если работодатели будут выступать в роли квалифицированного заказчика на рынке труда и образовательных услуг. Потребностям работодателя и, в конечном счете, экономики должны быть подчинены не только целевые программы, но и вся структура

выпуска в целом (сколько бакалавров, магистров и специалистов должен готовить вуз), а для этого необходима многовариантность вузовских программ.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Постановление от 17.09.2014 №962 "О прогнозе социально-экономического развития Владимирской области на 2015 год и плановый период 2016 и 2017 годов".
2. *Гаврилова И.М.* Основы и принципы партнерства на текстильных предприятиях // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, №4. С. 7.
3. *Мезенцева Е.Н., Горинова С.В.* Закономерности развития устойчивых корпоративных образований в текстильной промышленности // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, №1. С. 11.
4. Аргументы и факты - электронное периодическое издание [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://www.vlad.aif.ru/society/details/1073519>
5. Администрация Владимирской области. Справка о социально-экономическом развитии Владимирской области за январь-сентябрь 2014 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://www.avo.ru/region/results>

#### REFERENCES

1. Postanovlenie ot 17.09.2014 №962 "O prognoze social'no-e'konomicheskogo razvitiya Vladimirskoj oblasti na 2015 god i planovyy period 2016 i 2017 godov".
2. *Gavrilova I.M.* Osnovy i principy partnerstva na tekstil'nyh predpriyatiyah // Izv. vuzov. Tehnologiya tekstil'noj promyshlennosti. – 2013, №4. S. 7.
3. *Mezenceva E.N., Gorinova S.V.* Zakonomernosti razvitiya ustojchivyh korporativnyh obrazovanij v tekstil'noj promyshlennosti // Izv. vuzov. Tehnologiya tekstil'noj promyshlennosti. – 2013, №1. S. 11.
4. Argumenty i fakty - e'lektronnoe periodicheskoe izdanie [E'lektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa <http://www.vlad.aif.ru/society/details/1073519>
5. Administraciya Vladimirskoj oblasti. Spravka o social'no-e'konomicheskom razvitiy Vladimirskoj oblasti za yanvar'-sentyabr' 2014 goda [E'lektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa <http://www.avo.ru/region/results>

Рекомендована кафедрой менеджмента и маркетинга. Поступила 02.12.14.

УДК 691.175:678.5/8

### СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО РЕСУРСО- И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЮ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИНТЕТИЧЕСКИХ ГЕОМАТЕРИАЛОВ

### IMPROVEMENT OF ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL SOLUTIONS FOR RESOURCE - SAVING IN CONSTRUCTION WITH THE USE OF SYNTHETIC GEOMATERIALS

*Р.М. АЛОЯН, А.В. ПЕТРУХИН, Л.А. ОПАРИНА*  
*R.M. ALOYAN, A.V. PETRUKHIN, L.A. OPARINA*

(Ивановский государственный политехнический университет)  
(Ivanovo State Polytechnic University)  
E-mail: [l.a.oparina@gmail.com](mailto:l.a.oparina@gmail.com)

*В статье представлены результаты научных исследований кафедры "Организация производства и городское хозяйство" в направлении применения современных синтетических геоматериалов в сфере строительного производства. Сформулированы выводы и предложения в аспекте ресурсо- и энергосбережения при выполнении строительно-монтажных работ.*

*The article presents the research results of the Department "Organization of production and the urban economy" in the direction of application of modern synthetic geomaterials in the field of construction sectors. Are formulated conclusions and suggestions in the aspect of resource and energy saving in the execution of construction works.*

**Ключевые слова:** геотекстиль, строительство, синтетические геоматериалы, ресурсосбережение, энергосбережение, технологии, эффективность, инновационность.

**Keywords:** geotextile, construction, synthetic geomaterials, resource conservation, energy efficiency, technology, efficiency, innovation.

Окружающая среда в эпоху глобализации и бурного научно-технологического развития становится все более уязвимой. По оценке отечественных и зарубежных специалистов, одним из основных направлений улучшения экологической обстановки в мире и сохранения здоровья населения является снижение уровня потребления природных энергетических ресурсов. В связи с этим получают распространение материалы с новыми свойствами и технологиями "зеленого" строительства. Для России необходимость создания научно-технологических заделов в сфере рационального природопользования необходима, так как международные экологические стандарты постоянно ужесточаются. В связи с этим одним из актуальных направлений является повышение энергетической эффективности как строящихся, так и уже построенных зданий и сооружений. Во многих развитых странах (США, Япония и др.) после мирового энергетического кризиса 70-х годов были разработаны различные концепции по энергосбережению, в результате реализации которых годовой расход энергии в этих странах был снижен на 30...40%. В России этот процесс начался в 1990-х гг., когда был создан и внедрен комплекс нормативных документов; начался переход строительного комплекса страны на новые энергоэффективные технологии. В строительной отрасли сформировалось и прочно укрепилось новое понятие "энергоэффективное здание" [1], [6], [7].

Жилищно-строительная сфера потребляет около 40% всех используемых в стране топливно-энергетических ресурсов. Такой объем потребления обуславливает актуальность разработки инновационных энергосберегающих технологий и материалов [8], [9]. В настоящее время в России практически для всех видов производств разработаны энергосберегающие, теплоутилизирующие установки и приняты другие теплозащитные меры, однако уровень энергоэффективности предприятий строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства у нас в стране значительно ниже зарубежного. Роль ресурсосбережения в современной экономике обусловлена необходимостью разработки и построения целостной модели управления строительством ресурсосберегающего типа, которая базируется на последовательном учете факторов, снижающих ресурсо- и энергопотребление на всех уровнях и этапах управления строительством. По мнению авторов, в строительстве еще имеются резервы, использование которых может дать существенный эффект. Опыт показывает, что возможностей для развития энергосберегающих технологий в строительстве существует множество. Одним из приоритетных направлений является поиск новых строительных ресурсо- и энергосберегающих материалов, конструкций и технологий, ярким примером которых являются синтетические геоматериалы [5].

Активно тема энергосбережения в строительстве начала развиваться во всем мире с 70-х годов прошлого века в рамках общей линии на экономию энергоресурсов и появившейся концепции "устойчивого развития". Вопросам ресурсо- энергосбережения посвящено большое количество работ, среди которых следует выделить таких авторов, как Л. Аврашков, К. Багриновский, В. Барин, И. Башмаков, О. Брагинский, В. Глухов, А. Захаров, А. Ковалев, Л. Кошкин, И. Ли, Д. Львов, А. Макаров, А. Мартынов, Г. Мингалева, Л. Невелев, В. Проскураков, О. Субботин, Ю. Табунщиков, М. Бродач, С. Разовский, Г. Соколовская, Р. Фатхутдинов, Ф. Фодерс, В. Шпрыгин и др. Однако, несмотря на большое число работ по экономике ресурсо- энергосбережения, методические аспекты разработки и оценки эффективности комплексных ресурсо-энергосберегающих организационно-технологических решений современного строительства в настоящее время требуют дополнительного исследования. Указанные обстоятельства и важность рассмотренных предпосылок определили одно из приоритетных направлений научных изысканий кафедры "Организация производства и городское хозяйство" ИВГПУ.

Актуальность данного научного направления обусловлена тем, что именно от эффективности принимаемых организационно-технологических решений в процессах проектирования и строительства зданий зависит уровень энергоэффективности в процессах их эксплуатации. При этом организационно-технологические решения должны иметь системный характер и быть направлены на энерго- и ресурсосбережение как здания в целом, так и его элементов, строительных материалов, инженерных систем, функционально-эксплуатационных параметров.

В рамках обозначенного научного направления подготовлена докторская диссертация, две магистерские диссертации, получены гранты РГНФ и ректора ИВГПУ, выполнены хоздоговорные НИР по заказу Минобрнауки России. Основные

выводы, рекомендации и предложения сформулированы в 15 научных публикациях, докладывались на 12 научно-технических конференциях, демонстрировались на 6 выставках. Научные исследования в данном направлении активно продолжаются.

В настоящей статье представлены результаты научного исследования, проведенного на кафедре ОПГХ, целью которого является разработка методических аспектов оценки эффективности организационно-технологических решений, направленных на ресурсо- и энергосбережение в строительстве с использованием современных синтетических геоматериалов.

В соответствии с поставленной целью определены следующие задачи:

- проанализировать нормативно-правовую документацию и научно-техническую литературу по вопросам ресурсо- и энергосбережения в строительстве;
- исследовать и разработать направления по совершенствованию организационно-технологических решений по ресурсо- энергосбережению в строительстве на основе применения синтетических геоматериалов;
- выявить ресурсо- и энергосберегающие аспекты производства и применения тканых геоматериалов в строительстве;
- уточнить классификацию синтетических геоматериалов, используемых в строительстве;
- провести анализ экономических аспектов применения синтетических геоматериалов в практике строительства;
- провести сравнительный анализ ресурсо- и энергосберегающих характеристик применения синтетических геоматериалов в строительстве;
- разработать алгоритм оценки эффективности применения синтетических геоматериалов в строительстве.

Объектом исследования являются ресурсо- и энергосберегающие технологии производства, предусматривающие применение синтетических геоматериалов в современном строительстве.

Теоретической и методической основой исследования явились отечественные и зарубежные публикации, законодательные и нормативно-правовые акты РФ и программные документы в области ресурсо- и энергосбережения и охраны окружающей среды. На всех этапах исследования использовались методы логических заключений на базе сложившихся условий, экономического, системного, структурного и финансового анализа, моделирования и прогнозирования.

Научная новизна исследования состоит в разработке и обосновании методических аспектов оценки эффективности ресурсосберегающих инновационных синтетических геоматериалов в строительстве с получением следующих научных результатов.

1. Уточнена классификация синтетических геоматериалов, используемых в строительстве, отличающаяся от существующих более полным содержанием и учетом функционально-технологических характеристик данных материалов [2].

2. Проведен регрессионный анализ зависимости стоимости тканых и нетканых материалов с низкими и со средними разрывными нагрузками от их прочностных характеристик и от поверхностной плотности, устанавливающий технико-экономические преимущества тканых синтетических геоматериалов [8].

3. Разработан алгоритм оценки эффективности применения синтетических геоматериалов в строительстве, учитывающий такие показатели, как срок службы, экономия материальных ресурсов, экономия энергетических ресурсов, инновационность организационно-технологических решений [3].

Практическая значимость данного исследования заключается в том, что разработанные организационно-технологические решения по применению синтетических геоматериалов в строительстве дадут возможность оценивать все материалы по отдельным и полным характеристикам, позволяющим эффективно экономить ресурсы, потребляемые в

процессе строительства.

Благодаря проведенному корреляционно-регрессионному анализу зависимости стоимости тканых и нетканых материалов с низкими и со средними разрывными нагрузками от их прочностных характеристик и от поверхностной плотности, становится ясно, от чего прежде всего зависит цена на геоматериалы и какие из них обладают явными преимуществами в соотношении "цена-качество", что может быть практически использовано как производителем, так и потребителем синтетических геоматериалов.

Алгоритм оценки эффективности применения синтетических геоматериалов в строительстве позволяет осуществить выбор наиболее ресурсо- и энергосберегающего варианта применения синтетических геоматериалов.

Также основные положения и выводы проведенных исследований расширяют теоретические и практические основы в области ресурсо- и энергосбережения в современном строительстве.

По результатам проведенных авторами исследований можно сформулировать следующие выводы и предложения.

1. Установлено, что приоритетными направлениями устойчивого развития среды жизнедеятельности человека являются энергосбережение и повышение энергетической эффективности зданий. Это происходит не только за рубежом, но и в России. Развитие российской строительной отрасли последнего десятилетия неразрывно связано с появлением жестких требований к повышению уровня энергетической эффективности зданий, которые выражаются в снижении уровня энергопотребления зданиями за период 2007-2020 гг. на 40%.

2. На основе анализа нормативно-правовой документации и научно-технической литературы установлено, что энергоэффективные здания являются системными объектами, следовательно, при их проектировании, строительстве и эксплуатации необходим системный подход, заключающийся в обеспечении успешного решения теоретических и практических



проблем моделирования их жизненного цикла.

3. Наряду с энергосбережением актуальной проблемой современного строительства является ресурсосбережение, проявляющееся в экономии затрат материальных ресурсов, снижении затрат производства, роста прибыли, эффективности работы предприятия, региона, национальной экономики, которые могут быть четко отражены в экономических показателях. Энерго- и ресурсосбережение должны стать неотъемлемой частью достижения необходимого уровня энергоэффективности.

4. При строительстве зданий потребляется большое количество ресурсов, в том числе энергетических, финансовых, трудовых, материальных и пр. Таким образом, актуальным является исследование и совершенствование организационно-технологических решений по ресурсо- энерго-сбережению в строительстве. Одно из перспективных направлений экономии ресурсов является применение инновационных строительных материалов и организационно-технических решений в строительстве, а именно: применение синтетических геоматериалов, позволяющих ускорить решение обозначенной проблемы.

5. Выявлены ресурсо- и энергосберегающие аспекты производства и применения тканых строительных материалов в строительстве, заключающиеся в экономии материальных ресурсов, экономии энергоресурсов и инновационности организационно-технических решений по их применению.

6. На основе анализа современных синтетических геоматериалов, используемых в дорожном, промышленном и гражданском строительстве, а также в ландшафтном дизайне, установлено, что в настоящее время таких материалов много, все они различаются как по технологии изготовления, так и по назначению, методам укладки и т.п. Авторами уточнена классификация синтетических геоматериалов, используемых в строительстве, отличающаяся от существующих более полным содержанием и учетом функционально-технологических характеристик данных

материалов. Предложенная классификация является динамичной и может быть дополнена новыми группировочными признаками.

7. На основе регрессионного анализа зависимости стоимости тканых и нетканых материалов с низкими и со средними разрывными нагрузками от их прочностных характеристик и от поверхностной плотности, анализа удельной стоимости тканых и нетканых материалов установлено, что цена на нетканые материалы зависит прежде всего от их прочности, от бренда компании и места их производства. Так, тканые материалы российского производства являются более дешевыми, чем импортные материалы, хотя несколько не уступают по своим технико-эксплуатационным характеристикам. Таким образом, тканые геоматериалы являются лучшими к применению и обладают рядом преимуществ, но на данный момент в РФ обычно применяются нетканые геоматериалы, что вызвано несовершенством методик проектирования, которые не учитывают прочности геоматериала и снижения плотности дорожной одежды при применении толстых синтетических геоматериалов.

8. Выявлены преимущества тканого геополотна в сравнении с неткаными материалами, а именно: тканое геополотно является более легким материалом и удобным для транспортировки; обладает более высокими прочностными характеристиками; является более устойчивым к воздействию ультрафиолета, а также обладает высокой химической и биологической стойкостью.

9. С целью совершенствования организационно-технологических решений применения синтетических геоматериалов в строительстве авторами предложено использование тканых синтетических геоматериалов в дорожном строительстве и при устройстве фундаментов. Произведены: расчет конструкций дорожной одежды с помощью системы расчета дорожных одежд IndorPavement, расчет конструкций дорожной одежды для подстилающего грунта и малосвязных конструктивных слоев. На основе расчета сделан вывод о

том, что дорожная конструкция с геосинтетикой является более прочной и долговечной, о чем свидетельствует ряд показателей, значения которых у данного вида дорожной одежды выше [4].

10. Сравнительный анализ ресурсо- и энергосберегающих характеристик применения синтетических геоматериалов в строительстве осуществлен на примере расчета конструкций сборного железобетонного фундамента с применением геотекстиля, свайного фундамента без геосинтетики, монолитного фундамента с железобетонной подушкой для 5-этажного жилого здания, на слабых водонасыщенных грунтах, составлены ведомости объемов работ и сметы [3]. На основе проведенных расчетов сделан вывод о том, что применение тканого геотекстиля дает экономию материальных ресурсов (240,67 куб. м.), энергетических ресурсов (49,09 тонн условного топлива), а также повышает инновационность организационно-технологических решений.

11. В целом оценку эффективности применения геосинтетики в строительстве можно определить при помощи системы показателей ресурсосбережения, составленной авторами на основе ГОСТа Р 52107-2003. Ресурсосбережение. Классификация и определение показателей и дополненной показателями энергосбережения (в тоннах условного топлива).

12. С целью оценки эффективности применения геоматериалов в строительстве авторами разработан алгоритм оценки эффективности применения синтетических геоматериалов в строительстве, учитывающий такие показатели, как срок службы, экономия материальных ресурсов, экономия энергетических ресурсов, инновационность организационно-технологических решений. Алгоритм представлен в виде блок-схемы, позволяющей осуществить выбор наиболее ресурсо- и энергосберегающего варианта применения синтетических геоматериалов.

1. Грузинцева Н.А., Овчинников А.А., Лысова М.А., Гусев Б.Н. Совершенствование номенклатуры показателей и оценки качества геотекстильных материалов // Изв.вузов. Технология текстильной промышленности. – 2014, № 3. С. 28...32.

2. Опарина Л.А. Основы ресурсо- и энергосбережения в строительстве. – Иваново: ПресСто, 2014.

3. Петрухин А.Б., Алоян Р.М., Опарина Л.А., Ставрова М.В. Интегральный показатель энергоэффективности как основа организационного механизма строительства и эксплуатации энергоэффективных зданий // Жилищное строительство. – 2012, № 3. С. 46...48.

4. Петрухин А.Б., Алоян Р.М., Опарина Л.А., Ставрова М.В. Функциональное моделирование как организационный инструмент проектирования, строительства и эксплуатации энергоэффективных зданий // Жилищное строительство. – 2012, № 2. С.2...5.

5. Петрухин А.Б., Матрохин А.Ю., Карева Т.Ю., Гусев Б.Н. Стратегия научно-методического и технического обеспечения выпуска тканей и изделий из натуральных и синтетических волокон // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, №6. С. 30...35.

6. Петрухин А.Б., Опарина Л.А. Классификация синтетических геоматериалов и их применение в современном строительстве // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, № 2. С.14...18.

7. Петрухин А.Б., Опарина Л.А. Формирование интегрального показателя энергетической эффективности зданий // Изв. вузов. Экономика, финансы и управление производством. – 2011, №03(09). С. 92...95.

8. Петрухин А.Б., Алоян Р.М., Виноградова Н.В., Федосеев В.Н. Опыт практической реализации укрепления связей науки ИВГПУ с производством в условиях развития инфраструктурной базы текстильно-промышленного кластера региона // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, № 1. С. 15...18.

9. Петрухин А.Б., Алоян Р.М., Новикова А.П. Реализация потенциала Ивановской области на рынке текстильной и легкой промышленности за счет формирования инфраструктурной базы текстильно-промышленного кластера // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2014, № 4. С. 11...17.

## R E F E R E N C E S

1. Gruzinceva N.A., Ovchinnikov A.A., Lysova M.A., Gusev B.N. Sovershenstvovanie nomenklatury pokazatelej i ochenki kachestva geotekstil'nyh materialov // Izv.vuzov. Tehnologiya tekstil'noj promyshlennosti. – 2014, № 3. S. 28...32.

2. Oparina L.A. Osnovy resurso- i e'nergobere-zheniya v stroitel'stve. – Ivanovo: PresSto, 2014.
  3. Petruhin A.B., Aloyan R.M., Oparina L.A., Stavrova M.V. Integral'nyj pokazatel' e'nergoeffektivnosti kak osnova organizacionnogo mehanizma stroitel'stva i e'kspluatacii e'nergoeffektivnyh zdaniy // Zhiliwnoe stroitel'stvo. – 2012, № 3. S. 46...48.
  4. Petruhin A.B., Aloyan R.M., Oparina L.A., Stavrova M.V. Funkcional'noe modelirovanie kak organizacionnyj instrument proektirovaniya, stroitel'stva i e'kspluatacii e'nergoeffektivnyh zdaniy // Zhiliwnoe stroitel'stvo. – 2012, № 2. S. 2...5.
  5. Petruhin A.B., Matrohin A.YU., Kareva T.YU., Gusev B.N. Strategiya nauchno-metodicheskogo i tehničeskogo obespecheniya vypuska tkanej i izdelij iz natural'nyh i sinteticheskikh volokon // Izv. vuzov. Tehnologiya tekstil'noj promyshlennosti. – 2013, №6. S. 30...35.
  6. Petruhin A.B., Oparina L.A. Klassifikaciya sinteticheskikh geomaterialov i ih primenenie v sovremennom stroitel'stve // Izv. vuzov. Tehnologiya tekstil'noj promyshlennosti. – 2015, № 2.
  7. Petruhin A.B., Oparina L.A. Formirovanie integral'nogo pokazatelya e'nergeticheskoy e'ffektivnosti zdaniy // Izv. vuzov. E'konomika, finansy i upravlenie proizvodstvom. – 2011, № 03(09). S. 92...95.
  8. Petruhin A.B., Aloyan R.M., Vinogradova N.V., Fedoseev V.N. Opyt prakticheskoy realizacii ukrepleniya svyazej nauki IVGPU s proizvodstvom v usloviyah razvitiya infrastrukturnoj bazy tekstil'no-promyshlennogo klastera regiona // Izv. vuzov. Tehnologiya tekstil'noj promyshlennosti. – 2015, № 1. S. 15...18.
  9. Petruhin A.B., Aloyan R.M., Novikova A.P. Realizaciya potentsiala Ivanovskoj oblasti na rynke tekstil'noj i legkoj promyshlennosti za schet formirovaniya infrastrukturnoj bazy tekstil'no-promyshlennogo klastera // Izv. vuzov. Tehnologiya tekstil'noj promyshlennosti. – 2014, № 4. S. 11...17.
- Рекомендована кафедрой организации производства и городского хозяйства. Поступила 29.09.15.
-

УДК 677.017. – 037.11

**МЕТОДИКА КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА  
ЛЬНЯНЫХ ТРИКОТАЖНЫХ ПОЛОТЕН ДЛЯ ВЕРХНИХ ИЗДЕЛИЙ**

**COMPLEX APPRAISAL METHODS OF FLAX STOCKINETS  
QUALITY UESD FOR OVER CLOTHES**

*Л.Л. ЧАГИНА*  
*L.L. CHAGINA*

(Костромской государственный технологический университет)  
(Kostroma State Technological University)  
E-mail: info@kstu.edu.ru

*Предложена методика комплексной оценки качества льняных трикотажных полотен, базирующаяся на применении аппарата нечетких множеств при построении иерархической структуры свойств материалов и выборе критериев оценки качества, расчете обобщенного показателя качества и определении уровня качества на основе методологии квалиметрии с использованием непрерывных балловых оценок.*

*Hereby is offered complex appraisal method of flax stockinet quality, based on usage of the fuzzy sets device by material properties hierarchical structure development and by criterion selection of quality appraisal, on quality composite index calculation and quality level definition based on qualimetry methodology with usage of continuous scores.*

**Ключевые слова:** экспертная оценка, единичные показатели качества, нечеткие множества, комплексная оценка, уровень качества.

**Keywords:** expert estimation, simple quality indexes, fuzzy sets, complex appraisal, quality level.

Качество – сложная комплексная характеристика продукции. Для решения многокритериальной задачи оценки качества льняных трикотажных изделий предлагается проводить оценку по двум составляющим. Первая включает оценку по показателям качества полотен, поскольку свойства

материалов в значительной степени определяют качественные характеристики изделия [1...5]. Вторая составляющая комплексной оценки формируется по показателям, принятым в промышленности для оценки готовых изделий, таких как функциональность изделия, современность мо-

дели, уровень обработки и отделки изделия и др. В данной статье представлены результаты разработки методики оценки качества верхних льняных трикотажных изделий по

показателям свойств полотен на основе использования аппарата нечетких множеств и методов квалиметрии (рис. 1).

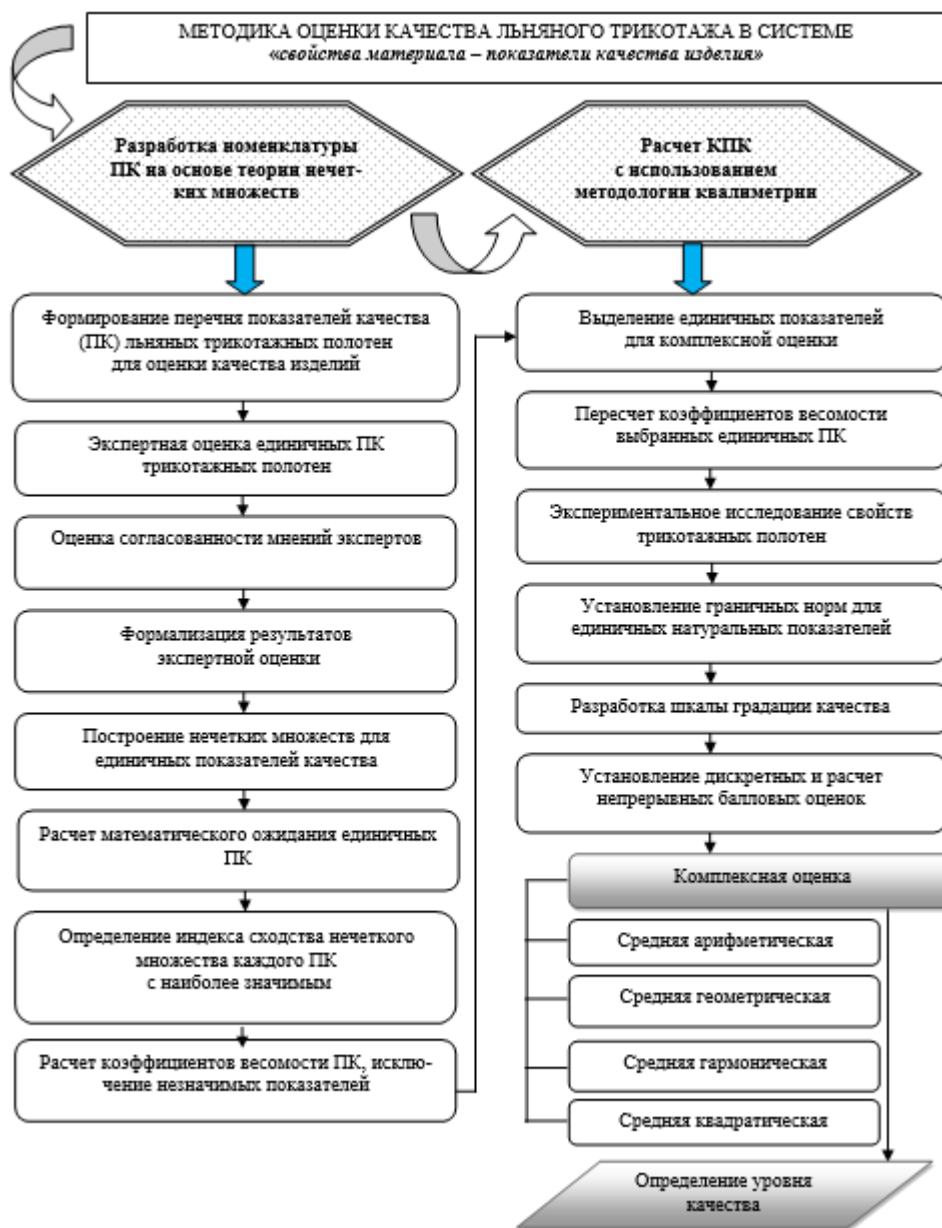


Рис. 1

Наличие специфических свойств у льняных трикотажных полотен и отсутствие НТД по рассматриваемому ассортименту обуславливает целесообразность выявления наиболее значимых ПК. В работах по текстильному материаловедению при оценке качества продукции и установлении приоритетности показателей качества широкое использование получили экспертные методы [6]. С целью повыше-

ния объективности экспертного заключения по ранжированию показателей качества текстильных материалов на этапе обработки экспертной информации целесообразно применять аппарат нечетких множеств [7].

При формировании предварительного перечня показателей льняных трикотажных полотен (табл. 1) с целью выявления наиболее значимых, минимально необхо-

димых и достаточных для оценки качества изделий по показателям свойств полотен в качестве исходной информации использованы: номенклатурные таблицы нормативных документов; результаты социологического опроса фактических потребителей исследуемого ассортимента продукции; данные экспертной оценки по разработке номенклатуры ПК льняных трикотажных полотен для верхних изделий [8]; результаты системного анализа с использованием причинно-следственных схем Исикава.

В качестве единичных показателей приняты: остаточная деформация при растяжении ( $X_1$ ), формовочная способность ( $X_2$ ), структура поверхности ( $X_3$ ), воздухопроницаемость ( $X_4$ ), несминаемость ( $X_5$ ), поверхностная плотность ( $X_6$ ), изменение линейных размеров ( $X_7$ ), стойкость к исти-

ранию ( $X_8$ ), растяжимость при нагрузках, меньше разрывных ( $X_9$ ), разрывная нагрузка ( $X_{10}$ ), жесткость при изгибе ( $X_{11}$ ). Для выявления значимости единичных ПК использована балльная система оценок, при которой наиболее важному показателю присваивалось значение 10, наименее важному – 0. Согласованность мнений экспертов оценивалась коэффициентом конкордации. В данном случае  $W = 0,72$ . Значимость  $W$  определялась по критерию Пирсона ( $\chi^2 = 0,72 \cdot 10(11-1) = 72 > \chi^2_{\text{табл.0,01}} = 23,2$ ).

Формализация мнений экспертов в результате выявления количества оценок с определенным баллом (табл. 1) и дальнейший анализ показали, что разброс оценок по единичным показателям составляет 3...7 баллов.

Таблица 1

Шифр ПК, $x_i$	Сумма баллов, $S_i$	$S_i - \bar{S}$	$(S_i - \bar{S})^2$	Частота встречаемости балла, $\omega_j$										
				0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$X_1$	81	31	961	0	0	0	0	0	0	3	2	0	1	4
$X_2$	29	-21	441	1	3	0	0	4	2	0	0	0	0	0
$X_3$	77	27	729	0	0	1	0	0	0	0	0	6	3	0
$X_4$	19	-31	961	2	3	2	1	1	1	0	0	0	0	0
$X_5$	52	2	4	0	0	0	1	2	5	0	1	0	1	0
$X_6$	69	19	361	0	0	0	1	2	0	1	0	2	4	0
$X_7$	83	33	1089	0	0	0	0	0	1	1	1	2	1	4
$X_8$	21	-29	841	1	3	3	1	1	1	0	0	0	0	0
$X_9$	39	-11	121	0	0	1	6	0	0	2	1	0	0	0
$X_{10}$	7	-43	1849	6	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0
$X_{11}$	73	23	529	0	0	0	0	0	0	3	5	0	0	2

При построении нечетких множеств принимается, что для пространства рассуждения  $U$  и данной функции принадлежности  $\mu_A: U \rightarrow [0, 1]$  нечеткое множество определяется [9]:

$$A = \{ (x, \mu_A(x)) \mid x \in U \}. \quad (1)$$

Функция принадлежности  $\mu_A(x)$  количественно градуирует принадлежность элементов фундаментального множества пространства рассуждения  $x \in U$  нечеткому множеству  $A$ , показывая, в какой степени элемент принадлежит нечеткому множе-

ству. Значение 0 означает, что элемент не включен в нечеткое множество, 1 описывает полностью включенный элемент. Значения между 0 и 1 характеризуют нечетко включенные элементы [9].

В данном случае значение функции принадлежности (табл. 2) рассчитывается [7]:

$$\mu_{ji}(x_i) = \frac{\omega_{ji}}{\sum_{i=1}^{10} \omega_{ji}}, \quad (2)$$

где  $\omega_{ji}$  – число появления  $j$  балла для каждого показателя качества  $x_i$ .

Шифр ПК	Значение функции принадлежности											M <sub>i</sub>	β <sub>i</sub>	α <sub>i</sub>
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
X <sub>1</sub>	-	-	-	-	-	-	0,3	0,2	-	0,1	0,4	8,1	0,61	0,22
X <sub>2</sub>	0,1	0,3	-	-	0,4	0,2	-	-	-	-	-	2,9	0,05	0,02
X <sub>3</sub>	-	-	0,1	-	-	-	-	-	0,6	0,3	-	7,7	0,19	0,07
X <sub>4</sub>	0,2	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	-	-	-	-	-	1,9	0,05	0,02
X <sub>5</sub>	-	-	-	0,1	0,2	0,5	-	0,1	-	0,1	-	5,2	0,17	0,06
X <sub>6</sub>	-	-	-	0,1	0,2	-	0,1	-	0,2	0,4	-	6,9	0,26	0,09
X <sub>7</sub>	-	-	-	-	-	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,4	8,3	1,00	0,35
X <sub>8</sub>	0,1	0,3	0,3	0,1	0,1	0,1	-	-	-	-	-	2,1	0,05	0,02
X <sub>9</sub>	-	-	0,1	0,6	-	-	0,2	0,1	-	-	-	3,9	0,13	0,05
X <sub>10</sub>	0,6	0,1	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	0,7	0	0
X <sub>11</sub>	-	-	-	-	-	-	0,3	0,5	-	-	0,2	7,3	0,26	0,1

Суммарное количество оценок в рассматриваемом примере постоянно и равно десяти.

Если носителем нечеткого множества является конечная совокупность действительных чисел, то за среднее значение нечеткого множества можно принять число [10]. В этом случае среднее значение нечеткого множества определяется по формуле:

$$M(A) = \frac{\sum_{i=1}^n x_i \mu_A(x_i)}{\sum_{i=1}^n \mu_A(x_i)}. \quad (3)$$

$$\beta_i = S_i = S(A_i, A_{\max}) = \frac{A_i \cap A_{\max}}{A_i \cup A_{\max}} = \frac{\{\min(\mu_i(x), \mu_{\max}(x)|x)\}}{\{\max(\mu_i(x), \mu_{\max}(x)|x)\}}, \quad (4)$$

где  $S_i$  – индекс сходства нечетких множеств;  $A_i \cap A_{\max}$  – пересечение нечетких множеств;  $A_i \cup A_{\max}$  – объединение нечетких множеств.

Далее значения коэффициентов весо-мости рассматриваемых показателей качества рассчитываются:

$$\alpha_i = \beta_i / \sum_1^n \beta_i. \quad (5)$$

Методы комплексной количественной оценки наиболее актуальны при внедрении систем автоматизированного проектирования, они дополняют дифференциальную оценку по отдельным показателям. На этапе расчета комплексного показателя качества с использованием методологии квалиметрии (рис. 1) необходимо выделить

Если знаменатель равен 1, то эта формула определяет математическое ожидание случайной величины, для которой вероятность попасть в точку  $x_i$  равна  $\mu_A(x_i)$ . Величины математического ожидания рассматриваемых нечетких множеств приведены в табл. 2. Приняв весомость показателя качества с максимальным математическим ожиданием за единицу ( $\beta_{\max} = 1$ ), можно определить  $\beta_i$  других показателей качества в результате сравнения каждого нечеткого множества с  $A_{\max}$  [7]:

единичные показатели, которые будут входить в состав комплексного. Выбор показателей осуществляется в результате логически-профессионального анализа на основе разработанной номенклатуры (табл. 2), с учетом необходимости обеспечения требования независимости ЕПК и возможности получения точных количественных значений выбранных свойств. Необходимо учитывать требование включения в КПК единичных показателей в достаточном, но минимально возможном количестве.

Исследование причинно-следственных связей единичных ПК и применение принципа иерархии качества позволили выделить показатели для комплексной оценки льняных трикотажных полотен: изменение линейных размеров; остаточная деформа-

ция при растяжении; жесткость при изгибе; поверхностная плотность; структура поверхности, характеризующая эстетические свойства полотна. Пересчитанные коэффициенты весомости для выбранных показателей качества принимают значения соответственно 0,42; 0,27; 0,12; 0,1; 0,09.

Данные о фактических значениях показателей качества оцениваемых льняных трикотажных полотен получают в результате экспериментального исследования или берутся из информационной базы данных [11]. Для разработки комплексного показателя в методике применены балловые оценки. При построении шкалы градации качества использовано четыре варианта оценок: 5,4,3,0 [6] и соответствующие им градации качества. Использование нулевых оценок позволяет выявить полотна, выпуск которых является нецелесообразным и экономически невыгодным.

Выбор граничных значений ЕПК осуществляется с учетом назначения полотен, условий эксплуатации с использованием сведений, полученных в результате анализа НТД и обобщения результатов экспериментальных исследований. При переводе натуральных значений показателей качества в безразмерные предварительно определяются дискретные балловые оценки с последующим их пересчетом в непрерывные. Применение непрерывных оценок позволяет исключить недостаток, связанный с присвоением существенно отличающихся баллов для близких по величине значений показателей качества.

Расчет обобщенного показателя качества осуществляется с использованием средней арифметической, средней геометрической, средней гармонической и (или) средней квадратической комплексных оценок [6]. Завершающей операцией комплексной оценки является определение уровня качества трикотажного полотна (отличное, хорошее, удовлетворительное, плохое).

## ВЫВОДЫ

Для получения объективной информации о качестве льняных трикотажных полотен и реализации возможности прогно-

зирования качества изделий на стадии проектирования предложена методика комплексной количественной оценки в системе свойства материала – показатели качества изделия с применением аппарата нечеткой логики и методологии квалиметрии.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Чагина Л.Л. Влияние свойств трикотажного полотна на конструктивные характеристики изделия // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2014, № 2. С. 91...95.
2. Иванова О.В., Смирнова Н.А., Капина Е.А. Научно обоснованный подход к выбору критериев качества и конкурентоспособности изделий при проектировании текстильного декора интерьера // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2009, № 4С. С. 94...97.
3. Замышляева В.В., Смирнова Н.А., Лапшин В.В. Комплексная оценка формоустойчивости материалов / Вестник Костромского гос. технолог. ун-та. – Кострома, 2013, №2 (31). С. 38...41.
4. Чагина Л.Л., Смирнова Н.А., Вершинина А.В. Исследование и учет деформационных свойств при проектировании одежды из льняных трикотажных полотен // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2011, № 1. С. 10...14.
5. Чагина Л.Л., Смирнова Н.А. Влияние свойств исходных компонентов пакета одежды на качество готового изделия // Вестник Костромского гос. технолог. ун-та. – Кострома, 2008, №17. С.45...48.
6. Соловьев А.Н., Кириухин С.М. Оценка и прогнозирование качества текстильных материалов. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984.
7. Васильева В.Д., Дербишер Е.В., Дербишер В.Е. Совершенствование метода ранжирования показателей качества текстильных материалов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2008, № 3. С. 15...17.
8. Чагина Л.Л. Разработка номенклатуры показателей качества льняных трикотажных полотен для верхних изделий // Вестник Костромского гос. технолог. ун-та. – Кострома, 2009, №21. С.60...62.
9. Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы: Пер. с польского И. Д. Рудинского. – М.: Горячая линия-Телеком, 2004.
10. Орлов А.И. Прикладная статистика. – М.: Изд-во "Экзамен", 2004.
11. Чагина Л.Л., Прядкина Н.О., Смирнова Н.А. Разработка информационной системы для проектирования изделий из льняного трикотажа // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. – 2010, №2. С.38...41.



## REFERENCES

1. Chagina L.L. Vlijanie svojstv trikotazhnogo polotna na konstruktivnye karakteristiki izdelija // *Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti.* – 2014, № 2. S. 91...95.
2. Ivanova O.V., Smirnova N.A., Kapina E.A. Nauchno obosnovannyj podhod k vyboru kriteriev kachestva i konkurentosposobnosti izdelij pri proektirovanii tekstil'nogo dekora inter'era // *Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti.* – 2009, № 4S. S. 94...97.
3. Zamyshljaeva V.V., Smirnova N.A., Lapshin V.V. Kompleksnaja ocenka formoustojchivosti materialov / *Vestnik Kostromskogo gos. tehnolog. un-ta.* – Kostroma, 2013, №2 (31). S. 38...41.
4. Chagina L.L., Smirnova N.A., Vershinina A.V. Issledovanie i uchet deformatsionnyh svojstv pri proektirovanii odezhdy iz l'njanyh trikotazhnyh poloten // *Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti.* – 2011, № 1. S.10...14.
5. Chagina L.L., Smirnova N.A. Vlijanie svojstv ishodnyh komponentov paketa odezhdy na kachestvo gotovogo izdelija // *Vestnik Kostromskogo gos. tehnolog. un-ta.* – Kostroma, 2008, №17. S.45...48.
6. Solov'ev A.N., Kirjuhin S.M. Ocenka i prognozirovanie kachestva tekstil'nyh materialov. – M.: Legkaja i pishhevaja promyshlennost', 1984.
7. Vasil'eva V.D., Derbisher E.V., Derbisher V.E. Sovershenstvovanie metoda ranzhirovanija pokazatelej kachestva tekstil'nyh materialov // *Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti.* – 2008, № 3. S. 15...17.
8. Chagina L.L. Razrabotka nomenklatury pokazatelej kachestva l'njanyh trikotazhnyh poloten dlja verhnih izdelij // *Vestnik Kostromskogo gos. tehnolog. un-ta.* – Kostroma, 2009, №21. S.60...62.
9. Rutkovskaja D., Pilin'skij M., Rutkovskij L. Nejronnye seti, geneticheskie algoritmy i nechetkie sistemy: Per. s pol'skogo I. D. Rudinskogo. – M.: Gorjachaja linija-Telekom, 2004.
10. Orlov A.I. Prikladnaja statistika. – M.: Izd-vo "Jekzamen", 2004.
11. Chagina L.L., Prjadkina N.O., Smirnova N.A. Razrabotka informacionnoj sistemy dlja proektirovanija izdelij iz l'njanogo trikotazha // *Izv. vuzov. Tehnologija legkoj promyshlennosti.* – 2010, №2. S.38...41.

Рекомендована кафедрой дизайна, технологии, материаловедения и экспертизы потребительских товаров. Поступила 17.11.14.

УДК 687.01:339.139

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА КОНКУРЕНТОСПОСОБНОГО ИНТЕРЬЕРНОГО ТЕКСТИЛЯ С УЧЕТОМ СПЕЦИФИКИ СОЦИОКУЛЬТУРНОЙ СРЕДЫ\*

### DESIGN OF INDICATORS OF QUALITY OF COMPETITIVE INTERIOR TEXTILES TAKING INTO ACCOUNT SPECIFICS OF THE SOCIOCULTURAL ENVIRONMENT

*O.B. ИВАНОВА*  
*O.V. IVANOVA*

(Костромской государственной технологической университет)  
(Kostroma State Technological University)  
E-mail:tmchp@kstu.edu.ru

*Рассмотрены особенности проектирования конкурентоспособного интерьерного текстиля социокультурной направленности. Предложены критерии и факторы конкурентоспособности текстильной продукции. Установлены потребительские и технико-экономические показатели качества текстильных изделий для оформления интерьера, определены их весовые коэффициенты.*

\* Работа выполнена в рамках гранта РГНФ 2014 "Ретроспективный анализ социокультурной среды Костромского региона в контексте формирования и духовно-нравственного развития личности подрастающего поколения".

*Features of design of competitive interior textiles of a sociocultural orientation are considered. Criteria and factors of competitiveness of textile production are offered. Consumer and technical and economic indicators of quality of textile products for interior registration are established, their weight coefficients are defined.*

**Ключевые слова:** текстиль, интерьер, конкурентоспособность, качество, показатели.

**Keywords:** textiles, interior, competitiveness, quality, indicators.

Проектирование психологически комфортной и гармоничной социокультурной среды в ракурсе текстильного интерьера, разработанного на основе исторически сложившихся эстетических и художественных традиций регионов России, – актуальная задача современности.

Понимая под социокультурной средой общественную, материальную и духовную составляющую, объединяющую идею пространства и образования, особую значимость представляют вопросы рационального взаимодействия учреждений социальной направленности и фирм-производителей декоративного текстиля. Эта интеграция обусловлена потребностью общества в высококачественной и конкурентоспособной продукции декоративного текстиля, тем более, что дизайн бытовых помещений и общественных учреждений окончательно оформился как социокультурный феномен, захватывающий все сферы развития и становления личности [1].

Особый интерес представляет механизм создания текстильного интерьера школ, детских садов и разработка концептуальной модели проектирования конкурентоспособной продукции.

Ассортимент декоративных изделий для интерьера социокультурного направления может включать: шторы (драпировки окна, стен, потолков); чехлы (декоративные изделия, предохраняющие от загрязнения подушки и предметы мебели); каркасные изделия для декорирования и функционального использования пространства интерьера (ширмы, абажуры); декоративно-функциональные изделия (настенные панно, коврики, игрушки-подушки, мягкие игрушки, съемные элементы декора, подвесные мешки-сидения и др.); постельные принадлежности (для детских садов); столовые принадлежности (для декорирования интерьера и создания гигиенических условий во время приема пищи) [2].



Рис. 1

Концептуальная модель предполагает определение критериев и факторов конкурентоспособности интерьерной продукции [3]. Критерии конкурентоспособности изделий интерьерного текстиля с учетом социокультурной направленности представляют собой качественные и (или) количественные характеристики (рис. 1). Факторы – непосредственная причина, наличие которой необходимо и достаточно для изменения одного или нескольких критериев.

Социальная специфика выдвигает на первый план микроэкономические факторы конкурентоспособности: производственные, сбытовые, рыночные и сервисные. Из производственных наиболее важные – использование профессионального потенциала дизайнеров, рациональное использование ресурсов (материалов, фурнитуры, текстильных аксессуаров); из сбыто-

вых – увязка новых изделий с уже выпускаемым ассортиментом (комплекты штор, чехлы, другие принадлежности), рекламное обеспечение; из сервисных – демонстрация, возможность доставки и монтажа изделий в социальных учреждениях, подбор декоративных изделий, исходя из специфики потребления; рыночные – новизна, конкурентные преимущества, частота смены интерьера.

Уровень качества как критерий конкурентоспособности представляет собой относительную характеристику, основанную на сравнении показателей качества оцениваемых декоративных изделий с лучшими (базовыми образцами) [4], [5]. Данный критерий связан с понятиями: качество, требования к качеству, показатель качества (рис. 2).

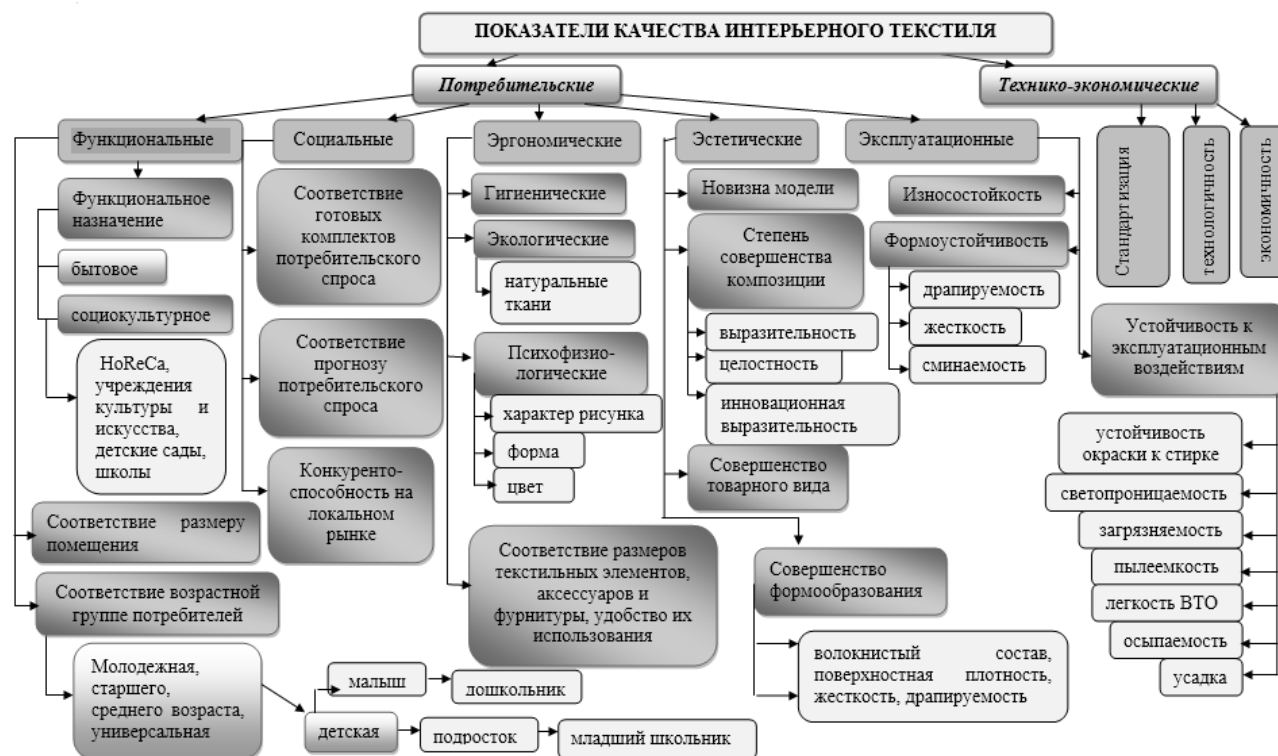


Рис. 2

Особый интерес при построении концептуальной модели текстильного интерьера учреждения представляет определение весомости потребительских показателей качества с учетом специфики социокультурной среды.

Предложено использовать метод анализа иерархий [6], представляющий собой математический инструмент системного подхода к сложным проблемам принятия решений. В результате построения разноразмерной иерархической структуры включающей цель, критерии, альтернати-

вы (рис. 3), экспертным методом построена матрица попарных сравнений на основе шкалы относительной важности и определены весовые коэффициенты потребитель-

ских показателей качества интерьерного текстиля социокультурной направленности (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Назначение помещения	Весомость потребительских показателей качества				
	функциональные	эстетические	эргономические	эксплуатационные	социальные
Бытовые помещения	0,177	0,408	0,139	0,127	0,149
Школы, детские сады	0,165	0,399	0,158	0,145	0,133
Учреждения культуры	0,185	0,506	0,152	0,145	0,012
Офисные помещения	0,236	0,325	0,156	0,171	0,112
Отели, рестораны, кафе	0,248	0,389	0,164	0,186	0,013



Рис. 3

Таким образом, при разработке дизайн-проектов и производстве конкурентоспособного интерьерного текстиля [7...9] фирмам-производителям необходимо учитывать различия в весомости отдельных потребительских показателей качества для учреждений социокультурной и бытовой направленности.

## ВЫВОДЫ

1. Рассмотрены особенности конкурентоспособного интерьерного текстиля социокультурной направленности. Установлены критерии и факторы конкурентоспособности текстильной продукции для интерьера учреждений различного назначения.

2. Предложены потребительские и технико-экономические показатели каче-

ства текстильных изделий для оформления интерьера.

3. Определены весовые коэффициенты потребительских показателей качества интерьерных изделий методом анализа иерархий.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Иванова О.В., Смирнова Н.А., Жихарев А.П. Дизайн как инновационная составляющая конкурентоспособных изделий текстильного декора интерьера // Дизайн и технологии. – 2011, № 21. С.13...16.

2. Иванова О.В., Круглова В.В. Проектирование изделий текстильного декора интерьера на основе законов формообразования // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2011, №5. С. 83...86.

3. Иванов О.В., Смирнова Н.А., Дворецкая М.С. Разработка методики оценки конкурентоспособности текстильных штор// Изв. вузов. Технология текстильной промышленности.– 2012, №6. С.182...185.

4. Иванов О.В., Смирнова Н.А., Капина Е.А. Научно обоснованный подход к выбору критериев качества и конкурентоспособности изделий при проектировании текстильного декора интерьера// Изв.вузов. Технология текстильной промышленности. – 2009, №4С. С.94...97.

5. Чагина Л.Л. Разработка номенклатуры показателей качества льняных трикотажных полотен для верхних изделий // Вестник Костромского гос. технолог. ун-та. – 2009, № 21. С.60...62.

6. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий.– М.: Радио и связь, 1993.

7. Иванова О.В., Смирнова Н.А., Жихарев А.П. Особенности проектирования швейных изделий со складками в текстильном дизайне интерьера //Дизайн и технологии. –2008, №9(51). С.61...66.

8. Иванова О.В., Смирнова Н.А. Проектирование текстильных изделий с драпировками на основе экспресс-метода оценки анизотропии характеристик драпируемости // Изв. вузов. Технология легкой промышленности.– 2008, №1. С.76...78.

9. Иванова О.В., Макарова О.Н. Семиотическая структура текстильного оформления интерьера детских комнат// Вестник Костромского гос. технолог. ун-та. –2012, № 2 (29). С.49...51.

#### REFERENCES

1. Ivanova O.V., Smirnova N.A., Zhiharev A.P. Dizajn kak innovacionnaja sostavljajushhaja konkurentosposobnyh izdelij tekstil'nogo dekora inter'era // Dizajn i tehnologii. – 2011, № 21. S.13...16.

2. Ivanova O.V., Kruglova V.V. Proektirovanie izdelij tekstil'nogo dekora inter'era na osnove zakonov

formoobrazovanija // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2011, №5. S. 83...86.

3. Ivanov O.V., Smirnova N.A., Dvoreckaja M.S. Razrabotka metodiki ocenki konkurentosposobnosti tekstil'nyh shtor// Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti.– 2012, №6. S.182...185.

4. Ivanov O.V., Smirnova N.A., Kapina E.A. Nauchno obosnovannyj podhod k vyboru kriteriev kachestva i konkurentosposobnosti izdelij pri proektirovanii tekstil'nogo dekora inter'era// Izv.vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti.– 2009, №4С. S.94...97.

5. Chagina L.L. Razrabotka nomenklatury pokazatelej kachestva l'njanyh trikotazhnyh poloten dlja verhnih izdelij // Vestnik Kostromskogo gos. tehnolog. un-ta. 2009, № 21. S.60...62.

6. Saati T. Prinjatie reshenij. Metod analiza ierarhij.– М.: Радио i svjaz, 1993.

7. Ivanova O.V., Smirnova N.A., Zhiharev A.P. Osobennosti proektirovanija shvejnyh izdelij so skladkami v tekstil'nom dizajne inter'era //Dizajn i tehnologii. –2008, №9(51). S.61...66.

8. Ivanova O.V., Smirnova N.A. Proektirovanie tekstil'nyh izdelij s drapirovkami na osnove jekspress-metoda ocenki anizotropii harakteristik drapiruемости // Изв. вузов. Технология легкой промышленности.– 2008, №1. S.76...78.

9. Ivanova O.V., Makarova O.N. Semioticheskaja struktura tekstil'nogo oformlenija inter'era detskih komnat// Vestnik Kostromskogo gos. tehnolog. un-ta. – 2012, № 2 (29). S.49...51.

Рекомендована кафедрой дизайна, технологии, материаловедения и экспертизы потребительских товаров. Поступила 17.11.14.

УДК 677.017

## ВЛИЯНИЕ ЖЕСТКОСТИ ПОЛОТЕН ПРИ ИЗГИБЕ НА СИЛУЭТНЫЕ ЛИНИИ ФОРМЫ ЭЛЕМЕНТОВ ШВЕЙНЫХ ИЗДЕЛИЙ

## THE IMPACT OF BENDING STIFFNESS OF FABRICS ON THE SILHOUETTE LINE OF THE ELEMENTS FORM OF CLOTHING

С.В. БОЙКО, М.А. МАРИНКИНА, Л.Л. ЧАГИНА, Н.А. СМИРНОВА  
S.V. BOYKO, M.A. MARINKINA, L.L. CHAGINA, N.A. SMIRNOVA

(Костромской государственной технологической университет)  
(Kostroma State Technological University)  
E-mail: info@kstu.edu.ru

*Предложен расчетный метод прогнозирования конфигурации силуэтных линий формы элементов швейных изделий, базирующийся на использовании теории больших перемещений при плоском изгибе тонких упругих*

*деталей, основанный на численном решении нелинейного дифференциального уравнения упругой линии.*

*The article offers the settlement prediction method of the silhouette line of the elements form of clothing configuration. The method is based on the use of the theory of large displacements in the thin elastic details plane bending, on the numerical decision of nonlinear differential equation of the elastic line.*

**Ключевые слова:** жесткость при изгибе, нелинейная теория изгиба, силуэтные линии формы швейных изделий, прогнозирование.

**Keywords:** bending stiffness, nonlinear bending theory, the silhouette line of clothing form, the prediction.

Создание заданной на эскизе формы и объемно-пространственного решения модели изделия является одной из наиболее сложных задач в процессе ее проектирования и изготовления. Для создания формы швейных изделий необходимы не только конструктивные приемы и технологические методы обработки, но и определенные свойства материалов [1...6]. Из свойств полотен жесткость при изгибе является значимым критерием, определяющим возможность получения заданной формы изделия.

Плоскостное зрительное восприятие пространственной формы, ограниченной контуром, называют силуэтом изделия. Для прогнозирования конфигурации силуэтных линий формы элементов изделий на стадии проектирования в зависимости от значений жесткости полотен при изгибе предлагается расчетный метод, который реализуется на базе разработанной Е.П. Поповым нелинейной теории изгиба упругих стержней [7].

Используя точную теорию упругого изгиба тонкого стержня (полоски), предполагается, что материал работает упруго (то есть подчиняется закону Гука). За счет малой толщины полоски в плоскости изгиба по сравнению с длиной этой полоски получаются большие, сравнимые с ее длиной, перемещения концевых точек при изгибе. В то же время в любом малом объеме этой полоски (с линейными размерами порядка ее толщины) все деформации остаются малыми. Поскольку при малых внутренних упругих деформациях достигаются боль-

шие перемещения стержня конечной длины, к подобному объекту применим термин "стержень малой жесткости". Данная теория справедлива при любой другой форме поперечного сечения стержня, если имеет место его изгиб в одной плоскости [7].

В рассматриваемом случае стержень имеет вид тонкой полоски с поперечным сечением малой толщины  $h$  и ширины  $b$ , обеспечивающей устойчивость плоской формы изгиба. Жесткость  $H$  стержня при изгибе в произвольном сечении определяется:

$$H = EJ, \quad (1)$$

где  $E$  – модуль упругости (модуль Юнга);  $J$  – осевой момент инерции площади поперечного сечения.

В каждом малом элементе стержня возникают малые деформации, поэтому на базе теории упругости применимо точное уравнение упругого равновесия при плоском изгибе криволинейного стержня в виде:

$$\mu - \mu_0 = M / H, \quad (2)$$

где  $M$  – внутренний изгибающий момент в данном сечении стержня;  $\mu$ ,  $\mu_0$  – кривизна в определенной точке упругоизогнутой продольной оси стержня и начального ее очертания.

Для упругоизогнутой продольной оси стержня принимается термин "упругая линия" [7]. Для исходного прямого стержня уравнение упругой линии имеет вид:

$$\mu = M / H, \quad (3)$$

Выражение кривизны в линейной теории изгиба стержней вследствие незначительности перемещений упругой линии принимается:

$$\mu \approx d^2y/dx^2. \quad (4)$$

Для построения уточненной теории упругого изгиба точное выражение кривизны продольной оси стержня используется в виде:

$$\mu \approx d\vartheta / ds, \quad \mu_0 \approx d\Theta/ds, \quad (5)$$

где  $\vartheta$ ,  $\Theta$  – углы наклона касательной в текущей точке соответственно упругой линии и начальной кривой;  $s$  – длина дуги упругой линии (и начальной кривой), отсчитанная от некоторой точки, принятой за начало.

Длина дуги продольной оси стержня принимается неизменной в процессе изгиба. Начальная и конечная точки упругой линии обозначаются соответственно 0 и 1.

Уравнение равновесия упругой линии с учетом (2) и (5) при больших перемещениях и плоском изгибе преобразуется:

$$d\vartheta/ds - d\Theta/ds = M / H. \quad (6)$$

Общее уравнение равновесия сил для всех рассматриваемых задач точной теории упругого изгиба тонкого стержня в плоскости при больших перемещениях в процессе изгиба, предлагаемое Е.П. Поповым, имеет вид:

$$dM/ds = -P_c \sin(\vartheta + \delta_c) - P_q \sin(\vartheta + \delta_q) + m. \quad (7)$$

Подставив выражение (7) в уравнение равновесия упругой линии (6) и дифференцируя (7) по  $s$ , при этом принимая жесткость  $H$  постоянной по длине  $\ell$  стержня:

$$d^2\vartheta/ds^2 - d^2\Theta/ds^2 = -P_c/H \sin(\vartheta + \delta_c) - P_q/H \sin(\vartheta + \delta_q) + m/H. \quad (8)$$

Обозначив:

$$\beta_c^2 = P_c \ell^2 / H, \quad \beta_q^2 = P_q \ell^2 / H, \\ \zeta_c = \vartheta + \delta_c, \quad \zeta_q = \vartheta + \delta_q. \quad (9)$$

Точное уравнение равновесия упругой линии (8) в общем случае в безразмерном виде преобразуется:

$$\ell^2 d^2\vartheta/ds^2 = \beta_c^2 \sin \zeta_c - \beta_q^2 \sin \zeta_q + m \ell^2 / H + \ell^2 d^2\Theta/ds^2. \quad (10)$$

Уравнение (10) может использоваться для решения задач сколь угодно сильного упругого изгиба прямых и криволинейных тонких стержней в одной плоскости [7].

Для разрабатываемого расчетного метода принимается, что консольный стержень (полоска) изгибается в одной плоскости под действием сил тяжести, при этом начальная кривизна стержня  $\mu_0$  равна нулю.

Точное уравнение равновесия упругой линии сильно изогнутого стержня для рассматриваемого случая имеет вид:

$$d^2\vartheta/ds^2 = -P_q \ell^2 / H \sin(\vartheta + \delta_q) + d^2\Theta/ds^2, \quad (11)$$

где  $H$  – жесткость стержня при изгибе;  $s = s^* / \ell$  ( $s^*$  – текущая длина дуги упругой линии,  $\ell$  – длина стержня);  $\Theta(s)$  – угол наклона касательной к исходному очертанию стержня (полоски);  $d\Theta/ds = f(s)$  – начальная кривизна стержня;  $\vartheta(s)$  – угол наклона упругой линии изогнутого стержня;  $P_q(s, \vartheta)$  – сила тяжести текущего участка стержня;  $\delta_q(s, \vartheta)$  – угол наклона линии действия силы, определяемый от направления  $P_q$ , к оси  $x$  против часовой стрелки.

Для решения рассматриваемой задачи по определению линейных и угловых перемещений при изгибе, а также нахождения очертания упругой линии в соответствии с условиями экспериментального исследования жесткости при изгибе текстильного полотна на приборе ПТ-2, имеем консольно закрепленную полоску, изгибающуюся под действием сил тяжести (рис. 1). Параллельные силы  $P$  приложены на равных расстояниях друг от друга перпендикулярно первоначальному расположению объекта исследования.

Дифференциальное уравнение упругой линии для каждого  $L$ -го участка принимает вид:

$$\frac{d^2\vartheta}{ds^2} = -(n+1-L) \frac{P\ell^2}{H} \sin(\vartheta + \Theta), \quad \frac{L-1}{n} < s \leq \frac{L}{n}. \quad (12)$$

Принимаются краевые условия второго рода:  $\vartheta = 0$  при  $s = 0$ ,  $d\vartheta/ds = 0$  при  $s = 1$ . Помимо этого должны выполняться условия непрерывности упругой линии в точках стыков участков:

$$(\vartheta)_{\text{лев}} = (\vartheta)_{\text{прав}}, \quad (d\vartheta/ds)_{\text{лев}} = (d\vartheta/ds)_{\text{прав}}.$$

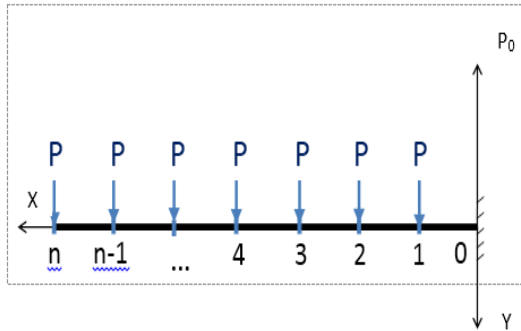


Рис. 1

Для решения нелинейного дифференциального уравнения (12) использовали метод численного решения на ЭВМ с применением пакета прикладных программ в среде MATLAB. Программа реализует возможность визуального представления и сохранения в виде графика очертания упругой линии (текстильного полотна) в соответствии с условиями экспериментального исследования жесткости на изгиб консольным методом. На рис. 2 показаны очертания упругой линии (пробы из льняного трикотажного полотна прессового переплетения), полученные с использованием расчетного метода, где кривая 1 – проба без шва; 2 – проба со швом.

Используя расчетный метод определения конфигурации упругой линии, изгибающейся под действием силы тяжести, можно определить проекции геометрического очерка элементов изделия различной длины. Графически результаты расчета в угловых координатах представлены на рис. 3 (1,2,3,4 – элементы изделия без шва длиной соответственно 0,4; 0,3; 0,2; 0,1 м; 5, 6, 7, 8 – элементы изделия со швом длиной соответственно 0,4; 0,3; 0,2; 0,1 м).

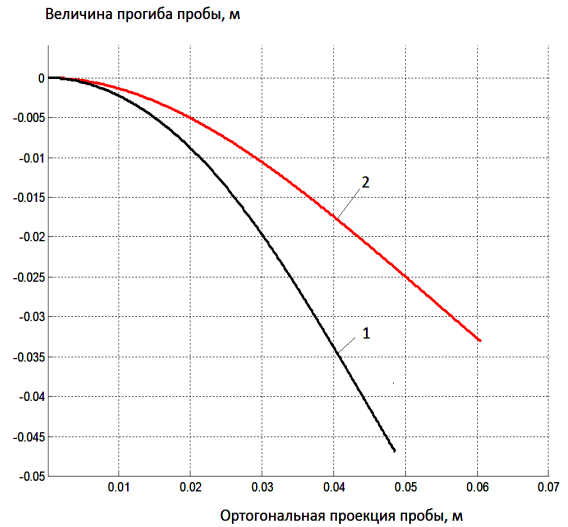


Рис. 2

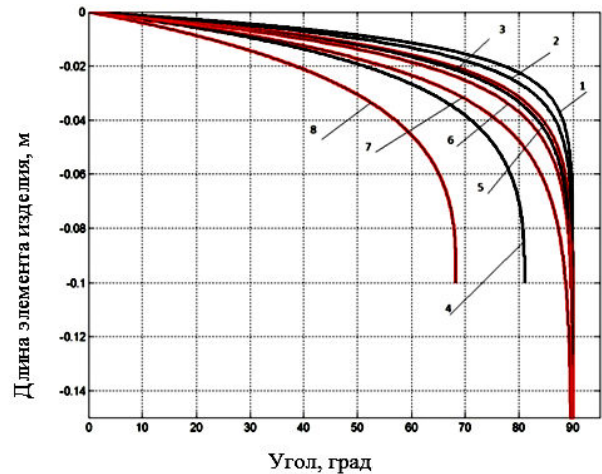


Рис. 3

## ВЫВОДЫ

1. Для определения очертания линии изгиба полотна под действием силы тяжести в условиях больших перемещений предложен метод, основанный на интегрированном учете упругой изгибной деформации совокупности элементов, составляющих общую длину полотна.

2. Численное решение системы нелинейных дифференциальных уравнений обеспечивает реализацию возможности визуального представления очертания упругой линии (текстильного полотна) в



соответствии с условиями испытания жесткости материала при изгибе консольным методом.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бузов Б.А., Румянцева Г.П. *Материалы для одежды. Ткани.* – М.: Форум, 2012.
2. Козлова Т.В., Рывинская Л.Б., Тимашева З.Н. *Моделирование и художественное оформление женской и детской одежды.* – М.: Легпромбытиздат, 1990.
3. Чагина Л.Л. Влияние свойств трикотажного полотна на конструктивные характеристики изделия // *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности.* – 2014, № 2. С.91...95.
4. Чагина Л.Л. Экспериментальное исследование жесткости при изгибе льняных трикотажных полотен по различным методикам // *Вестник Костромского гос. технолог. ун-та.* – Кострома, 2014, №1 (32). С.36...41.
5. Чагина Л.Л., Смирнова Н.А., Вершинина А.В. *Исследование и учет деформационных свойств при проектировании одежды из льняных трикотажных полотен* // *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности.* – 2011, № 1. С. 10...14.
6. Чагина Л.Л., Смирнова Н.А. Влияние свойств исходных компонентов пакета одежды на качество готового изделия // *Вестник Костромского гос. технолог. ун-та.* – Кострома, 2008, № 17. С.45...48.
7. Попов Е.П. *Теория и расчет гибких упругих стержней.* – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986.

#### REFERENCES

1. Buzov B.A., Rumjanceva G.P. *Materialy dlja odezhdy. Tkani.* – M.: Forum, 2012.
2. Kozlova T.V., Rytvinskaja L.B., Timasheva Z.N. *Modelirovanie i hudozhestvennoe oformlenie zhenskoj i detskoj odezhdy.* – M.: Legprombytizdat, 1990.
3. Chagina L.L. Vlijanie svojstv trikotazhnogo polotna na konstruktivnye harakteristiki izdelija // *Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti.* – 2014, № 2. S.91...95.
4. Chagina L.L. Jeksperimental'noe issledovanie zhestkosti pri izgibe l'njanyh trikotazhnyh poloten po razlichnym metodikam // *Vestnik Kostromskogo gos. tehnolog. un-ta.* – Kostroma, 2014, № 1 (32). S.36...41.
5. Chagina L.L., Smirnova N.A., Vershinina A.V. *Issledovanie i uchet deformacionnyh svojstv pri proektirovanii odezhdy iz l'njanyh trikotazhnyh poloten* // *Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti.* – 2011, № 1. S. 10...14.
6. Chagina L.L., Smirnova N.A. Vlijanie svojstv ishodnyh komponentov paketa odezhdy na kachestvo gotovogo izdelija // *Vestnik Kostromskogo gos. tehnolog. un-ta.* – Kostroma, 2008, № 17. S.45...48.
7. Popov E.P. *Teorija i raschet gibkih uprugih stержnej.* – M.: Nauka. Gl. red. fiz.-mat. lit., 1986.

Рекомендована кафедрой дизайна, технологии, материаловедения и экспертизы потребительских товаров. Поступила 27.02.15.

УДК 677.027

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПЕРЕРАБОТКИ ОДНОТИПНОЙ ПЕНЬКИ  
В ТЕКСТИЛЬНУЮ ЛЕНТУ ПО ЛЬНЯНОЙ ТЕХНОЛОГИИ**

**RESEARCH OF PROCESS OF PROCESSING OF THE SAME HEMP  
IN THE TEXTILE TAPE ON LINEN TECHNOLOGY**

*Э.В. НОВИКОВ, С.Е. ПРОТАЛИНСКИЙ, А.В. БЕЗБАБЧЕНКО*  
*E.V. NOVIKOV, S.E. PROTALINSKY, A.V. BEZBABCHEKNO*

(Костромской государственной технологической университет,  
Всероссийский научно-исследовательский институт  
механизации льноводства Россельхозакадемии)  
(Kostroma State Technological University,  
The All-Russia Scientific Research Institute of Mechanization Flax Cultivation)  
E-mail: nis@kstu.edu.ru, vniiml1@mail.ru

*Представлены исследования переработки однотипной неориентированной пеньки в текстильную ленту по льняной технологии.*

*Researches of processing of the same nondirectional hemp in a textile tape on linen technology are submitted.*

**Ключевые слова:** пенька, кардочесание, средняя массодлина, линейная плотность, массовая доля костры.

**Keywords:** hemp, combed tape, average length, linear density, mass fraction fibres.

Вопросам первичной обработки лубяных волокон с целью производства короткого льноволокна и смесей его с другими натуральными волокнами посвящены современные работы [1...7], однако в них не рассматриваются вопросы, связанные с переработкой короткой пеньки в текстильные изделия, а интерес у нас в стране к этому виду сырья – как к текстильному – достаточно высокий. Производство пряжи, полученной из однотипного волокна семенной конопли, взятой после комбайна

(после сбора семян), широко не изучалось, так как этот вид сырья ранее не был востребован.

В существующих экономических условиях это сырье можно перерабатывать в однотипное волокно, а значит – в пряжу. Для приготовления чесаной ленты из короткого пенькового волокна обычно применяют чесальную машину Ч-600П [8], которая отличается от льняных машин Ч-460Л и Ч-600Л характеристиками планчатой игольчатой гарнитуры.

Целью представленных исследований является изучение возможности переработки неориентированной однотипной пеньки различного качества, полученной из костроволокнистой массы семенной конопля, в текстильную ленту по модернизированной льняной технологии, которую в дальнейшем можно переработать в пряжу сухого или мокрого прядения.

Для достижения поставленной цели необходимо оценить качество различных типов однотипной пеньки, переработать их в кардочесальной машине Ч-460Л и проанализировать полученную ленту.

Для исследований брали четыре типа однотипной неориентированной пеньки, полученных по различным технологиям с применением машины для переработки льна [1], [5], грубочесальной машины

ЧГ-150ПД [9] и на разных режимах первичной переработки. Далее каждый тип волокна отдельно был переработан в кардочесальной машине Ч-460Л в ОАО «Костромской научно-исследовательский институт льняной промышленности».

Качество исходной однотипной пеньки и волокна в готовой текстильной ленте (после Ч-460Л) оценивалось по средней массодлине волокон, их средневзвешенной линейной плотности, линейной плотности и массовой доле костры.

В табл. 1 представлены средние характеристики волокна перед переработкой и волокна в готовой ленте после Ч-460Л, распределение волокон по классам длин после Ч-460Л – на рис. 1 (а – для ОВ №1 и 4, б – для ОВ №2 и 3).

Таблица 1

Тип однотипной пеньки	Исходное волокно – однотипная пенька			Лента	Волокно в ленте		
	средняя массодлина, мм	средневзвешенная линейная плотность, текс	массовая доля костры, %		линейная плотность ленты, г/м	средняя массодлина, мм	средневзвешенная линейная плотность, текс
ОВ №1	138,3	11,2	10,0	10,7	122,1	7,7	0,24
ОВ №2	124,1	12,7	5,0	17,8	103,2	8,5	0,18
ОВ №3	120,5	12,9	4,0	17,2	115,9	8,1	0,12
ОВ №4	118,5	12,1	9,0	17,7	106,3	7,8	0,23

Результаты исследований показали, что машина Ч-460Л практически полностью удаляет костру из волокна, массовая доля костры в нем не превышает 0,3% (табл. 1), причем это – связанная костра, а несвязанная полностью отсутствует. Существенно снижается линейная плотность волокон на 3,4...4,8 текс, и незначительно уменьшается средняя массодлина волокна на 4,6...20,9 мм.

Анализируя распределение волокон по классам длин (рис. 1-а и б), видим, что снижается число волокон длиной 50...100 мм и 151...400 мм, повышается содержание волокон 101...150 мм по отношению к волокну на входе машины. Из волокна исчезли волокна длиной 325...400 мм (рис. 1-а) и 250...400 мм (рис. 1-б). Линейная плотность полученной ленты изменяется в интервале 10,7...17,8 г/м.

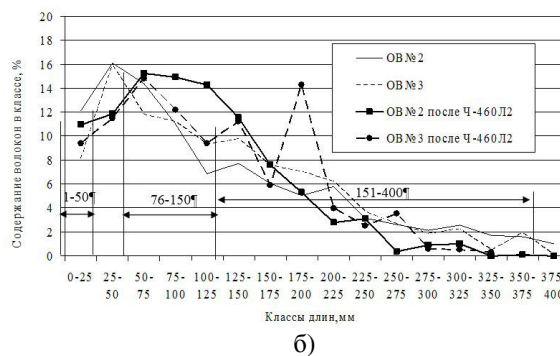
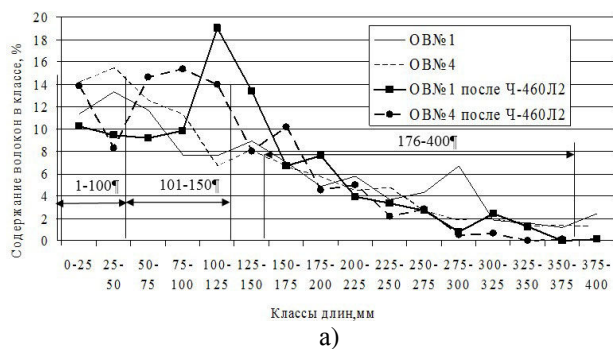


Рис. 1

## ВЫВОДЫ

1. Переработка неориентированной однотипной пеньки различного качества, полученной из костроволокнистой массы семенной конопли, в текстильную ленту по льняной технологии на Ч-460Л возможна и позволяет производить ленту высокого качества со следующими характеристиками: линейной плотностью в среднем 15,9 г/м, массовой долей костры и сорных примесей не более 1%. Волокно в ленте имеет среднюю массодлину 100...122 мм и средне-взвешенную линейную плотность не выше 9 текс.

2. Переработка однотипной пеньки в машине Ч-460Л существенно снижает линейную плотность волокна и незначительно понижает его среднюю массодлину.

3. Из полученной ленты в дальнейшем можно получать пряжу сухого прядения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Безбабченко А.В., Шевалдин Д.М., Чекрычева Т.П., Новиков Э.В., Корабельников А.Р. Исследование энергосберегающей технологии переработки льняной ленты в модифицированное волокно // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, №6. С.40...43.

2. Пашин Е.Л., Жукова С.В. Оценка технологической эффективности линии для получения однотипной пеньки // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, №3. С. 28...30.

3. Новиков Э.В., Безбабченко А.В., Корабельников А.Р. Технологии производства механически модифицированного льноволокна, межвенцовых утеплителей и ваты на льнозаводах и их экономическая эффективность // Научный вестник Костромского гос. технолог. ун-та: электронный ресурс, <http://vestnik.kstu>. – Кострома: КГТУ, 2012, №2.

4. Новиков Э.В., Безбабченко А.В. Исследование линии для производства однотипного льноволокна на льнозаводе // Научный вестник Костромского гос. технолог. ун-та: электронный ресурс, <http://vestnik.kstu>. – Кострома: КГТУ, 2013, №1.

5. Безбабченко А.В., Новиков Э.В. Разработка и исследование установки для штапельирования льносырья в непрерывном технологическом потоке // Научный вестник Костромского гос. технолог. ун-та: электронный ресурс, <http://vestnik.kstu>. – Кострома: КГТУ, 2013, №2.

6. Носов А.Г., Вихарев С.М., Дроздов В.Г. Влияние влажности на вероятностные параметры распределения штапельной длины отходов трепания при обработке в дезинтеграторе // Изв. вузов. Тех-

нология текстильной промышленности. – 2013, №3. С. 40...42.

7. Бойко Г.А., Чурсина Л.А., Головенко Т.Н., Меняйло-Басистая И.А. Перспективы использования смесей волокон льна масличного с другими натуральными волокнами // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, №2. С.47...50.

8. Временная инструкция по эксплуатации машины Ч-600П // ЦНИИТЭИ. – М., 1982.

9. Отраслевой каталог. Оборудование технологическое для текстильной промышленности. Прядильное оборудование для льняной и пенькоджутовой промышленности. Раздел I-IV. – М.: ЦНИИТЭИ, 1984. С. 47...52.

## REFERENCES

1. Bezbabchenko A.V., Shevaldin D.M., Chekreneva T.P., Novikov Je.V., Korabel'nikov A.R. Issledovanie jenergosberegajushhej tehnologii pererabotki l'njanoj lenty v modifitsirovannoe volokno // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2012, №6. S.40...43.

2. Pashin E.L., Zhukova S.V. Ocenka tehnologicheskoy jeffektivnosti linii dlja poluchenija odnotipnoj pen'ki // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2012, №3. S. 28...30.

3. Novikov Je.V., Bezbabchenko A.V., Korabel'nikov A.R. Tehnologii proizvodstva mehanicheski modifitsirovannogo l'novolokna, mezhvencovyh uteplitelej i vaty na l'nozavodah i ih jekonomicheskaja jeffektivnost' // Nauchnyj vestnik Kostromskogo gos. tehnolog. un-ta: jelektronnyj resurs, <http://vestnik.kstu>. – Kostroma: KGTU, 2012, №2.

4. Novikov Je.V., Bezbabchenko A.V. Issledovanie linii dlja proizvodstva odnotipnogo l'novolokna na l'nozavode // Nauchnyj vestnik Kostromskogo gos. tehnolog. un-ta: jelektronnyj resurs, <http://vestnik.kstu>. – Kostroma: KGTU, 2013, №1.

5. Bezbabchenko A.V., Novikov Je.V. Razrabotka i issledovanie ustanovki dlja shtapelirovaniya l'nosyr'ja v nepreryvnom tehnologicheskom potoke // Nauchnyj vestnik Kostromskogo gos. tehnolog. un-ta: jelektronnyj resurs, <http://vestnik.kstu>. – Kostroma: KGTU, 2013, №2.

6. Nosov A.G., Viharev S.M., Drozdov V.G. Vlijanie vlazhnosti na verojatnostnye parametry raspredelenija shtapel'noj dliny othodov trepanija pri obrabotke v dezintegratore // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2013, №3. S. 40...42.

7. Bojko G.A., Chursina L.A., Golovenko T.N., Menjajlo-Basistaja I.A. Perspektivy ispol'zovanija smesej volokon l'na maslichnogo s drugimi natural'nymi voloknami // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2013, №2. S.47...50.

8. Vremennaja instrukcija po jekspluatacii mashiny Ch-600P // CNITJeI. – М., 1982.

9. Otrasevoj katalog. Oborudovanie tehnologicheskoe dlja tekstil'noj promyshlennosti.

УДК 677.021

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА СУШКИ СТЕБЛЕЙ ЛЬНОТРЕСТЫ  
С ВАРЬИРУЕМОЙ ШИРИНОЙ СЛОЯ  
В ЦЕЛЕВОЙ КОНВЕЙЕРНОЙ МАШИНЕ**

**DRYING STEMS FLAX SIMULATION  
WITH VARYING WIDTH  
OF THE LAYER IN A SLOT DRYING MACHINE**

*Е.Э. ИВАНОВ, Н.В. КИСЕЛЕВ, Е.Л. ПАШИН*  
*E.E. IVANOV, N.V. KISELEV, E.L. PASHIN*

(Костромской государственный технологический университет)  
(Kostroma State Technological University)  
E-mail: info@kstu.edu.ru

*В статье представлен результат теоретического подтверждения возможности снижения неравномерности сушки в слое разной ширины за счет увеличения плотности участков, состоящих из короткостебельного сырья. Использование этого приема не только снижает вариацию влажности сырья при выходе из сушильной машины, но позволяет снизить энергозатраты при реализации процесса.*

*The article presents the results confirm a theoretical possibility of reducing uneven drying layer of different width due to increased density areas consisting of shortness raw materials. Using this method not only reduces the variation of raw material humidity when exiting drying machine, but can reduce the energy consumption during the process.*

**Ключевые слова:** сушка, сушильная машина, неравномерность, влажность, ширина, энергозатраты.

**Keywords:** drying, drying machine, unevenness, velocity, humidity, width, energy consumption.

Предложенные в КГТУ варианты совершенствования машинной технологии сушки льняной тресты, обеспечивающие снижение энергозатрат, позволяют улучшать технологические свойства стеблей перед выделением из них волокна, как сырья для текстильной промышленности [1...3]. Согласно этим предложениям рекомендуется использование модульной (секционной) проходной сушильной машины с противоточной схемой движения воздуха по секциям согласно [4] (рис.1).

Рабочая камера машины представляет собой прямоугольное щелевое сечение,

заполненное горизонтально расположенными в слое стеблями, движущимися по длине сушилки. Теплоноситель (горячий воздух) от теплогенератора подается с реверсом по секциям вдоль стеблей. Кроме этого, для интенсификации сушки возможна подача его в среднюю часть слоя сверху и (или) снизу.

Для оптимизации параметров сушки созданы компьютерные модели, на основе возможностей программного комплекса ANSYS [5...7].

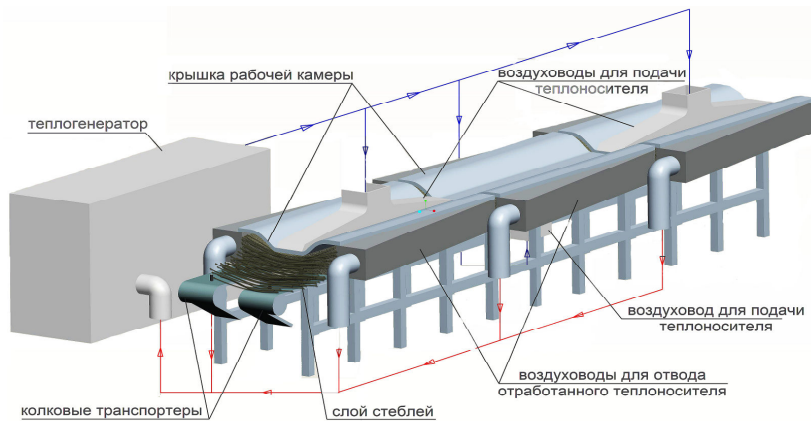


Рис. 1

Моделирование процесса массообмена в слое тресты приведено в условиях движения слоя и на основе построения подвижных сеток. Исследование проводили в условиях системы допущений. Область моделирования соответствовала четырем секциям. Термические и гидродинамические граничные условия на поверхностях области моделирования задавались в соответствии с рис. 2 (задание граничных

условий: 1 – входные сечения подводящих воздуховодов первой и второй секций (IN1); 3 – входные сечения подводящих воздуховодов третьей и четвертой секций (IN2); 2 – выходные сечения отводящих воздуховодов первой и второй секций (OUT1), 4 – выходные сечения отводящих воздуховодов третьей и четвертой секций (OUT2)).

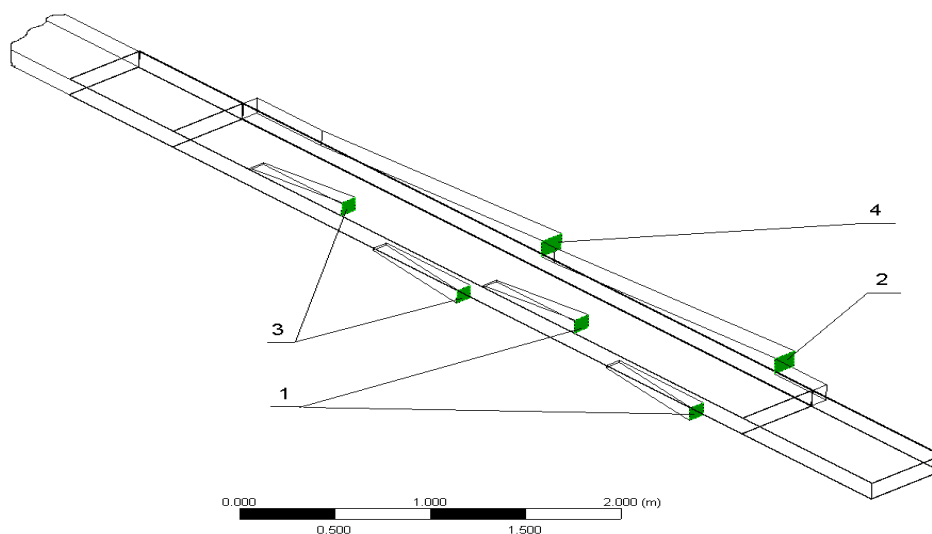


Рис. 2

Во входных сечениях задавали граничные условия типа INLET (скорость и температура воздуха, влагосодержание определяется с учетом влагосодержания рециркуляционного воздуха, выходящего из выходных сечений OUT, атмосферного воздуха и степени рециркуляции).

Реализуя противоточную схему движения воздуха по секциям, в первые две сек-

ции (сечения IN1) подается воздух непосредственно из теплогенератора, а ко вторым двум секциям (сечения IN2) подается воздух, выходящий из первых секций (из сечений OUT1), с добавлением атмосферного воздуха, и подогретый до исходной температуры. Отработанный воздух из сечений OUT2 частично возвращается на ре-

циркуляцию, частично выбрасывается в атмосферу.

При расчетах были приняты следующие условия. Сушке подвергается слой стеблей, имеющий колебания по ширине, обусловленные изменением длины стеблей. Теплоноситель – горячий воздух перемещается вдоль стеблей. Массовый расход и температуру воздуха на входе в слой тресты при моделировании поддерживали на постоянном уровне, соответственно 1 кг/с (расход 6730 м<sup>3</sup>/ч) и 95°С; температура атмосферного воздуха 20°С, относительная влажность 50%, степень рециркуляции 4. Плотность загрузки принимали 6 кг/м<sup>2</sup>. Высота слоя 0,2 м соответствовала объемной плотности загрузки 40 кг/м<sup>3</sup>. При времени сушки 100 с (скорость транспортера 4,8 м/мин) производительность машины при принятых параметрах составила 1244 кг/ч.

Учитывали вариацию длины стеблей в слое, приводящую к наличию незаполненных материалом участков транспортера. Степень заполнения транспортера слоем тресты задавалась с учетом экспериментальных данных, полученных в условиях Шолоховского льнозавода [8]. Плотность стеблей в слое оставляли равномерной.

По результатам моделирования особое внимание уделяли разбросу влажности тресты в слое на выходе из сушилки. Было рассчитано распределение конечной влажности стеблей по длине слоя для средних и концевых участков стеблей (рис. 3 – распределение влажности стеблей (кг/кг) по длине слоя после сушки: а) – средняя часть слоя; б) – концевые участки). Оказалось, что общий разброс по влажности в слое при наличии вариации длины стеблей составляет 4,5...19,0%, что с технологической точки зрения недопустимо.

Полученные результаты объясняются, вероятно, различиями по ширине отдельных участков стеблевого слоя. В предположении однородности слоя по плотности участки слоя с различной шириной имеют различное аэродинамическое сопротивление, вследствие чего скорость сушильного агента в них также различается. В итоге более длинные стебли, в целом, высыхают

менее интенсивно, что ведет к росту вариации влажности слоя по завершении процесса сушки.

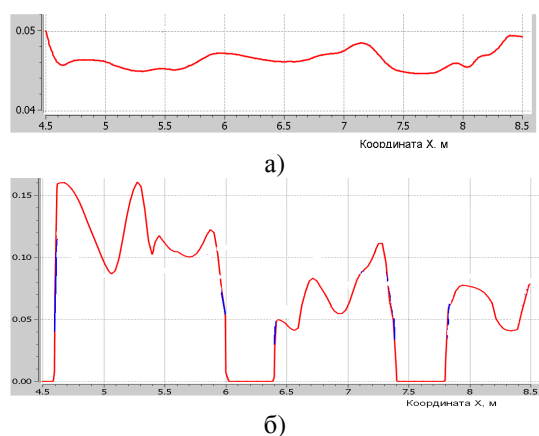


Рис. 3

Для устранения этого негативного эффекта предлагается при формировании слоя перед сушкой отслеживать длину стеблей по его участкам и дополнительно уплотнять участки с короткостебельной трестой. Это должно компенсировать снижение аэродинамического сопротивления указанных участков при движении воздуха вдоль стеблей, что характерно именно для целевой сушильной машины.

Для оценки эффективности данного предложения проведен двухфакторный вычислительный эксперимент по изучению влияния вариации длины стеблей на равномерность сушки при учете изменения слоя по плотности. Вычислительный эксперимент проводили на упрощенной модели половины ширины слоя (при допущении его симметрии), условно состоящего из двух участков, для одного из которых варьировались длина стеблей и плотность. Соответствующая геометрическая модель с граничными условиями приведена на рис. 4 (схема моделирования и результаты расчета влажности по длине участков стеблей разной длины).

Расчеты выполнены при следующих условиях: расход теплоносителя 0,2 кг/с (скорость в слое 2...4 м/с), смена подачи горячего воздуха (сверху–снизу) через 20 с, что имитировало переход слоя из одной секции машины в другую.



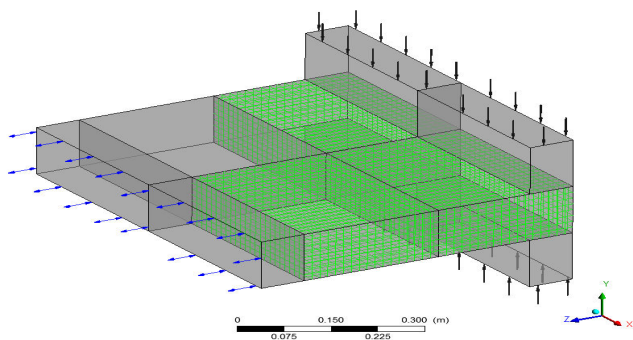


Рис. 4

Параметры теплоносителя соответствовали данным предыдущей модели. Полуширина короткой части слоя изменялась в пределах 250...500 мм, что при полуширине длинной части слоя 500 мм соответствовало степени заполнения транспортера 50...100%. При этом плотность участка слоя с короткими стеблями изменялась в пределах 100...150% от плотности участка с длинными стеблями. Время сушки фиксировалось по достижению одним из участков средней влажности 10%. В ходе эксперимента рассчитывали неравномерность участков слоя по средней влажности (соотношение средних значений влажности участков за вычетом единицы), выраженной в процентах.

Полученная поверхность отклика исследуемой неравномерности по влажности в зависимости от коэффициента уплотнения и ширины слоя из коротких стеблей представлена на рис. 5 (изменение неравномерности участков слоя стеблей по влажности в зависимости от соотношения длин стеблей и степени уплотнения короткостебельных участков).

На основе расчетов предложено линейное уравнение взаимосвязи между соотношением средних длин стеблей для короткостебельного и длинностебельного участков слоя ( $S$ , %) и степенью уплотнения коротких стеблей ( $K_y$ ). Ее вид следующий:

$$K_y = 2,311 - 0,0133S.$$

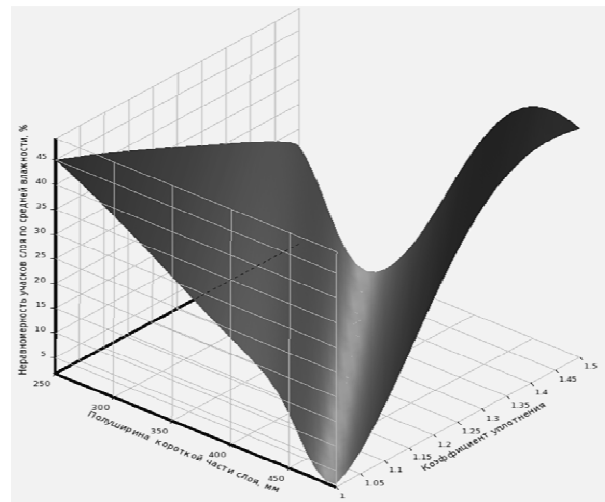


Рис. 5

При достижении рассчитываемых по этой зависимости  $K_y$  в условиях фактических значений  $S$  будет обеспечиваться неравномерность средней влажности участков не более 2%. Такой итог сушки положительным образом отразится на последующих результатах механической обработки льна.

Из полученных результатов вытекает теоретическое подтверждение возможности снижения неравномерности сушки в слое разной ширины за счет увеличения плотности участков, состоящих из короткостебельного сырья. Использование этого приема не только снижает вариацию влажности сырья при выходе из сушильной машины, но позволяет снизить энергозатраты при реализации процесса. По результатам модельного эксперимента оказалось, что удельные затраты тепла составили 2505 кДж/кг, что почти в 2 раза меньше, чем у применяемых на практике сушильных машин.

## ВЫВОДЫ

1. Моделирование процесса сушки в машине по решению [4] в условиях движущегося стеблевого слоя разной ширины выявило различие по времени высыхания участков стеблей льна разной длины. Длинные стебли, в целом, высыхают менее интенсивно, что ведет к росту вариации влажности слоя по завершении процесса сушки.



2. Теоретически подтверждена возможность снижения неравномерности сушки в слое разной ширины за счет увеличения плотности участков из короткостебельного сырья.

3. Установлена зависимость между соотношением средних длин стеблей для участков слоя разной ширины и коэффициентом уплотнения, при котором обеспечивается минимальная неравномерность сушки.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Васильев Ю.В., Киселев Н.В., Пашин Е.Л., Смирнов А.М. Оценка технологической эффективности нового способа термовлажностной подготовки льняной тресты // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2011, № 5. С. 21...24.

2. Васильев Ю.В., Киселев Н.В., Пашин Е.Л. Совершенствование процесса термовлажностной подготовки тресты // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, № 1. С. 22...25.

3. Патент РФ № 2430318. Способ сушки льняной тресты. Автор: Пашин Е.Л. Заявитель КГТУ. Оpubл. 27.09.2011 г., бюл. № 27.

4. Патент РФ № 2502928. Установка для сушки льняного сырья. Авторы: Пашин Е.Л., Киселев Н.В. Заявитель КГТУ. Оpubл. 27.10.2013 г., бюл. № 36.

5. Васильев Ю.В., Киселев Н.В., Пашин Е.Л. Компьютерная модель сушки слоя льняной тресты // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2010, №5. С. 28...32.

6. Васильев Ю.В. Совершенствование технологии и оборудования для сушки стланцевой льняной тресты: Дис... канд. техн. наук. – Кострома, 2013. С.16.

7. Иванов Е.Э., Киселев Н.В., Пашин Е.Л. Моделирование процесса сушки движущегося и варьруемого по ширине слоя льняной тресты //

Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, №2. С. 43...46.

8. Иванов Е.Э., Пашин Е.Л., Киселев Н.В. Исследование параметров слоя, влияющих на эффективность сушки льняной тресты // Вестник Костромского гос. технолог. ун-та. – Кострома, 2012, №1 (28). С. 8...11.

#### REFERENCES

1. Vasil'ev Ju.V., Kiselev N.V., Pashin E.L., Smirnov A.M. Ocenka tehnologicheskoj jeffektivnosti novogo sposoba termovlazhnostnoj podgotovki l'njanoy tresty // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2011, № 5. S. 21...24.

2. Vasil'ev Ju.V., Kisel'ov N.V., Pashin E.L. Sovershenstvovanie processa termovlazhnostnoj podgotovki tresty // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2012, № 1. S. 22...25.

3. Patent RF № 2430318. Sposob sushki l'njanoy tresty. Avtor: Pashin E.L. Zajavitel' KGTU. Opubl. 27.09.2011 g., bjul. № 27.

4. Patent RF № 2502928. Ustanovka dlja sushki l'njanogo syr'ja. Avtory: Pashin E.L., Kisel'ov N.V. Zajavitel' KGTU. Opubl. 27.10.2013 g., bjul. № 36.

5. Vasil'ev Ju.V., Kisel'ov N.V., Pashin E.L. Komp'juternaja model' sushki sloja l'njanoy tresty // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2010, №5. S. 28...32.

6. Vasil'ev Ju.V. Sovershenstvovanie tehnologii i oborudovanija dlja sushki stlancevoj l'njanoy tresty: Dis... kand. tehn. nauk. – Kostroma, 2013. S.16.

7. Ivanov E.Je., Kisel'ov N.V., Pashin E.L. Modelirovanie processa sushki dvizhushhegosja i var'iruемого po shirine sloja l'njanoy tresty // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2013, №2. S. 43...46.

8. Ivanov E.Je., Pashin E.L., Kisel'ov N.V. Isledovanie parametrov sloja, vlijajushhih na jeffektivnost' sushki l'njanoy tresty // Vestnik Kostromskogo gos. tehnolog. un-ta. – Kostroma, 2012, №1 (28). S.8...11.

Рекомендована кафедрой технологии производства льняного волокна. Поступила 18.11.14.

## ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА ИНФРАКРАСНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ ПРОПУСКАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ЛЬНОТРЕСТЫ

### PECULIARITIES OF APPLICATION OF THE METHOD OF INFRARED SPECTROSCOPY BANDWIDTH FOR ASSESSING THE QUALITY OF FLAX

В.Г. ДРОЗДОВ, А.Е. МОЗОХИН  
V.G DROZDOV, A.E MOZOHIN

(Костромской государственный технологический университет)  
(Kostroma State Technological University)  
E-mail: info@kstu.edu.ru

*Взаимосвязь приведенной интенсивности инфракрасного излучения прошедшего сквозь тонкий слой льнотресты и ее технологических свойств, объясняется наличием полос поглощения химических компонентов волокна и костры льна в ближнем инфракрасном диапазоне.*

*The relationship is given intensity of the transmitted through a thin layer of flax infrared radiation and its technological properties, due to the presence of the absorption bands of the chemical components of fiber and the tires of flax in the near-infrared range.*

**Ключевые слова:** спектроскопия, инфракрасное излучение, длина волны, льняная треста, метод контроля, технологические свойства.

**Keywords:** spectroscopy, infrared radiation, wave length, linen trust, method of control, technological properties.

Набор полос поглощения в инфракрасных спектрах является столь же специфической характеристикой вещества, как и отпечаток пальца человека. По этим спектрам вещество может быть идентифицировано, если его колебательный спектр уже известен. Взаимодействие энергии электромагнитного излучения, в частности, энергии его инфракрасного диапазона, с различными веществами и материалами – один из современных методов изучения свойств последних [1]. Взаимодействие инфракрасного излучения с поверхностью исследуемого материала представлено на рис. 1.

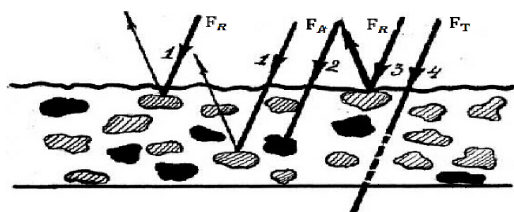


Рис. 1

В результате такого взаимодействия наблюдаются три явления – поглощение, отражение и пропускание энергии материалом. В соответствии с законом сохранения энергии сумма поглощаемой энергии  $F_A$ , отраженной  $F_R$  и прошедшей  $F_T$  через материал энергии, равна энергии падающего на материал потока излучения  $F_{\Pi}$ :

$$F_A + F_R + F_T = F_{\Pi},$$

или

$$A + R + T = 1,$$

где  $A = \frac{F_A}{F_{\Pi}}$  – коэффициент поглощения;  $R = \frac{F_R}{F_{\Pi}}$  – коэффициент отражения;  $T = \frac{F_T}{F_{\Pi}}$  – коэффициент пропускания.

Работы [2] и [3] по физике целлюлозы и ее производных легли в основу исследований полимерных структур льна и их влияния на механические свойства льнотресты. Исследования [4] и [5] по контролю влаж-

ности и отделяемости льнотресты по интенсивности ИК-спектров диффузного отражения были продолжены и адаптированы для более экономически выгодного анализа свойств льносырья в лабораторных условиях по пропусканию инфракрасного излучения сквозь тонкий слой.

Соотношение между величинами поглощения, отражения и пропускания через материал энергии зависит от параметров излучения, спектрального состава, пространственных характеристик и т.д. и от свойств облучаемого материала. При постоянных параметрах излучения результаты его взаимодействия с материалом зависят только от свойств последнего, что позволяет оценить эти свойства. На вид инфракрасного спектра оказывают воздействие не только технологические свойства материала, но и различные внешние факторы, влияющие на достоверность измерения свойств. Льнотреста, поступающая на завод и обрабатываемая на мяльно-трепальном агрегате, имеет значительную неоднородность таких свойств, как влажность, отделяемость, прочность. Влияние данных факторов на качественный и количественный результат обработки сырца сложно переоценить. В связи с этим разработка экспресс-метода анализа комплекса технологических свойств льнотресты и на их основе оптимизация режимов обработки льносырья являются на сегодняшний день актуальными задачами.

Установлено [6], что пористые материалы пропускают инфракрасное излучение только при малой толщине слоя (3...7 мм). С увеличением толщины слоя коэффициент отражения возрастает до некоторого предела, после чего остается практически постоянным. Слой материала (толщина), при котором рост отражательной способности материала прекращается, называется оптически бесконечно толстым. При толщине менее величины бесконечно толстого слоя поток инфракрасного излучения, падающий на слой льнотресты, не только

отражается от его поверхности, но и проходит сквозь него.

Для того чтобы оценить влияние толщины слоя льнотресты на интенсивность пропускания ИК-излучения, был проведен ряд экспериментальных исследований [7]. В качестве объекта исследования использовалась льнотреста с равновесной влажностью во время проведения эксперимента 12%. Из нескольких партий льнотресты были сформированы слои материала разной толщины. Исследуемый диапазон толщины слоя льнотресты – от 1 до 7 мм. Обобщенные результаты экспериментальных исследований приведены на рис. 2 (зависимость интенсивности пропускания ИК-излучения от толщины слоя льнотресты).

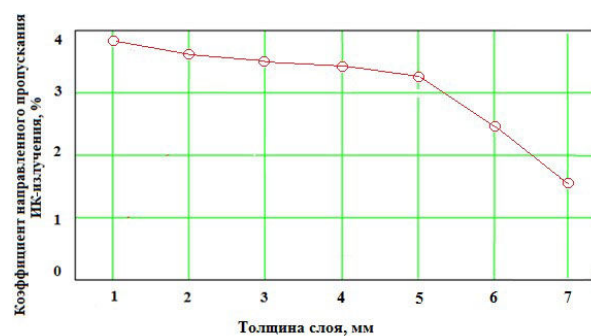


Рис. 2

Анализ полученных данных позволил заключить, что на результаты измерений свойств льнотресты по спектрам пропускания существенное влияние оказывает толщина слоя более 5 мм. В случае, когда толщина не превышает 5 мм, показатель пропускания изменяется незначительно. Для снятия достоверных измерений параметров льнотресты с помощью диспергирующего лабораторного спектрофотометра, работающего на пропускание, необходимо исключить дезориентацию стеблей в слое в месте светового пятна источника излучения спектрофотометра.

В табл. 1 (результаты статистической обработки ( $P = 0,95$ )) приведены доверительные интервалы для проведенных измерений.

Толщина слоя, мм	Математическое ожидание, %	Доверительный интервал, %
1	3,8	$\pm 0,03$
2	3,6	$\pm 0,03$
3	3,5	$\pm 0,03$
4	3,4	$\pm 0,02$
5	3,2	$\pm 0,02$
6	2,4	$\pm 0,01$
7	1,6	$\pm 0,01$

На спектрофотометре СФ-256БИК, работающем по принципу пропускания, проведены исследования по контролю влажности и отделяемости льнотресты одного селекционного сорта и разных степеней вылежки при толщине меньше толщины оптически бесконечно толстого слоя. Исследования проводились на диапазонах длин волн 5230...5290  $\text{см}^{-1}$ , для полос поглощения гидроксильных групп воды, и 6750...6850  $\text{см}^{-1}$ , для полос поглощения фенольных соединений. По результатам исследований было установлено, что коэффициент направленного пропускания ИК-излучения в области 5200  $\text{см}^{-1}$  обратно пропорционален изменению влажности образцов льнотресты, а в области 6758  $\text{см}^{-1}$  про-

порционален изменению отделяемости льнотресты как по длине стебля, так и между образцами разной степени вылежки.

Получены корреляционные модели по влажности ( $r = 0,95$ , СКО = 1,24%) и отделяемости ( $r = 0,98$ , СКО = 0,26 ед.) льнотресты на основе спектров пропускания ИК-излучения на фиксированных длинах волн, представленные на рис. 3 (линейная корреляция по влажности льнотресты) и рис. 4 (линейная корреляция по отделяемости льнотресты) соответственно. Разработана методика определения влажности и отделяемости льнотресты по интенсивности пропускания инфракрасного излучения.

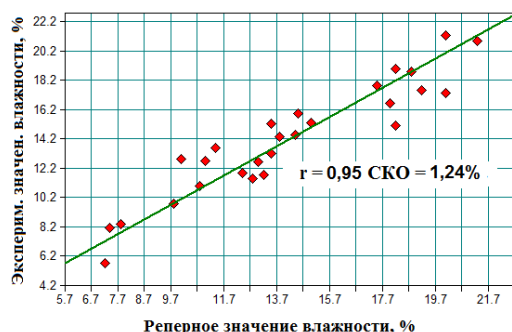


Рис. 3

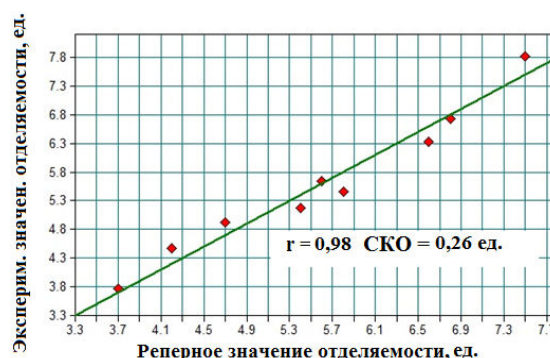


Рис. 4

Спектры отражения и пропускания инфракрасного излучения в ближней ИК-области взаимосвязаны между собой обратной зависимостью, что обусловлено поглощением ИК-излучения материалом. Исследования по контролю параметров влажности и отделяемости льнотресты методом инфракрасной спектроскопии в ближнем диапазоне длин волн подтвердили предположение об обратной зависимости интенсивностей отраженного и про-

шедшего сквозь слой ИК-излучения. Исследования также подтвердили возможность использования спектра пропускания ИК-излучения для контроля влажности и отделяемости льнотресты на специально подготовленном одностебельном слое толщиной, не превышающей 5 мм. Однако способ на пропускание ИК-излучения оказался сложным для лабораторного контроля свойств льнотресты в связи с тем, что он является очень трудоемким, требует

тщательной подготовки проб, чувствителен к структурным параметрам даже одностебельного слоя льнотресты.

Метод ИК-спектрометрии пропускания в ближней области спектра лишен тех плюсов, которыми обладает метод на отражение. Во-первых, эксперименты на пропускание ИК-излучения сквозь слой приходится повторять многократно (до 40 на одном образце), чтобы добиться стабильных спектров с необходимым доверительным интервалом. Во-вторых, высокая чувствительность к структурным параметрам слоя. При изменении плотности слоя, дезориентации стеблей в слое, просветов между стеблями в месте измерения амплитуда спектра пропускания меняется существенно, а продолжительность эксперимента для одного образца возрастает до часа. В третьих, на 80...90% в ближней области ИК-излучение отражается от образца, потому слабый поток излучения не проходит через слой.

Диспергирующие приборы отечественного производства на порядок дешевле своих зарубежных аналогов, к тому же при установке необходимых приставок они реализуют и метод диффузного отражения. Таким образом, диспергирующие спектрофотометры могут быть использованы для лабораторного контроля технологических свойств льнотресты (влажность, отделяемость, прочность) по интенсивности *отраженного* ИК-излучения, что значительно уменьшит стоимость оценки их определения. Этот вариант оценки свойств льнотресты может в перспективе стать альтернативой дорогостоящим экспериментам на лазерных ИК-Фурье-спектрофотометрах и позволит получать оперативную информацию о технологических свойствах льнотресты в лаборатории с высокой точностью.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Смит А. Прикладная ИК-спектроскопия. Основы, техника, аналитическое применение / Под ред. Мальцевой А.А. – М.: Мир, 1982.

2. Иванов А.Н. Физико-химические основы приготовления льнотресты: Дис.... докт. техн. наук. – Кострома, 1989.

3. Жбанков Р.Г. Инфракрасные спектры и структура углеводов. – Минск: Наука и техника, 1972.

4. Катков А.А. Управление режимом работы мяльно-трепального агрегата в зависимости от влажности льнотресты: Дис. ... канд. техн. наук. – Кострома, 2008.

5. Ефремов А.С. Оптимизация процесса трепания при обработке льнотресты в зависимости от ее влажности и отделяемости: Дис.... канд. техн. наук. – Кострома, 2008.

6. Долацис Я.А. Исследование химического состава, молекулярной и надмолекулярной структуры целлюлозных материалов методом ИК-спектроскопии // Методы исследования целлюлозы. – Рига, 1981. С. 32...43.

7. Ефремов А.С., Дроздов В.Г., Мозохин А.Е. Обоснование возможности использования ИК-спектрометрии для автоматического контроля параметров льняной тресты в потоке // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, №6, С. 53...56.

#### REFERENCES

1. Smit A. Prikladnaja IK-spektroskopija. Osnovy, tehnika, analiticheskoe primenenie / Pod red. Mal'cevoj A.A. – M.: Mir, 1982.

2. Ivanov A.N. Fiziko-himicheskie osnovy prigotovlenija l'notresty: Dis.... dokt. tehn. nauk. – Kostroma, 1989.

3. Zhbankov R.G. Infrakrasnye spektry i struktura uglevodov. – Minsk: Nauka i tehnika, 1972.

4. Katkov A.A. Upravlenie rezhimom raboty mjal'no-trepal'nogo agregata v zavisimosti ot vlazhnosti l'notresty: Dis. ... kand. tehn. nauk. – Kostroma, 2008.

5. Efremov A.S. Optimizacija processa trepanija pri obrabotke l'notresty v zavisimosti ot ee vlazhnosti i otdeljaemosti: Dis.... kand. tehn. nauk. – Kostroma, 2008.

6. Dolacis Ja.A. Issledovanie himicheskogo sostava, molekularnoj i nadmolekuljarnoj struktury celljuloznyh materialov metodom IK-spektroskopii // Metody issledovanija celljulozy. – Riga, 1981. S.32...43.

7. Efremov A.S., Drozdov V.G., Mozohin A.E. Obosnovanie vozmozhnosti ispol'zovanija IK-spektrometrii dlja avtomaticheskogo kontrolja parametrov l'njanoy tresty v potoke // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2012, №6, S. 53...56.

Рекомендована кафедрой автоматизации и микропроцессорной техники. Поступила 17.11.14.

## ОБОСНОВАНИЕ ФОРМЫ РАБОЧИХ ОРГАНОВ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОЧИСТКИ КОТОНИНА

### RATIONALE FOR THE FORM OF WORKING UNITS FOR CLEARING COTTONINE

*А.Г. НОСОВ, Е.Л. ПАШИН, С.Н. РАЗИН*  
A.G. NOSOV, E.L. PASHIN, S.N. RAZIN

(Костромской государственный технологический университет)  
(Kostroma State Technological University)  
E-mail: kaf\_tplv@mail.ru

*Предложена схема очистки котонина от примесей, при которой эффективность процесса зависит от формы рабочих органов в виде пластин разных форм, их расположения друг относительно друга, частоты вращения и степени изменения площади локальных зон между пластинами и колосниковой решеткой. Введен показатель KS, который предложено считать одним из возможных критериев эффективности обработки. Проведены исследования влияния на показатель KS значений зазора между валами, траекториями перемещения вершин пластин, а также зазора до колосниковой решетки.*

*A scheme is proposed cottonine clearing from impurities, at which the effectiveness of the process depends on the shape of working bodies, their location relative to one another, the rotational speed and extent of changes in the area of local zones between the plates and the grate. Was put indicator KS, which is suggested as one of the possible criteria for the effectiveness clearing Investigated the effect on the indicator values of KS gap between the rollers and gaps the grate. Analyses are performed for the working bodies of different shapes.*

**Ключевые слова:** очистка, котонин, короткоштапельное волокно, вращение, рабочие органы, критерий эффективности обработки.

**Keywords:** cottonine clearing, clearing short fiber, the rotation, working bodies, the criterion of efficiency of processing.

Условия эффективной работы очистителей хлопка от примесей ограничены длиной волокон, что требует для более длинных волокон модифицированного льянного волокна (котонина) совершенствования способа очистки [1], [2]. С этой целью была предложена иная технологическая схема, основанная на решении [3].

Согласно новой схеме устройство для очистки лубяного волокна от неволокнистых примесей, преимущественно костры, содержит рабочие органы для обработки

засоренного волокна и привод для их движения. Рабочие органы выполнены в виде пластин, совершающих вращательное движение и закреплены на валах с шагом. При этом пластины, расположенные на соседних валах, смещены друг относительно друга на половину шага, а траектории движения вершин пластин соседних валов перекрывают друг друга (рис. 1 – схема устройства для очистки волокна от неволокнистых примесей).

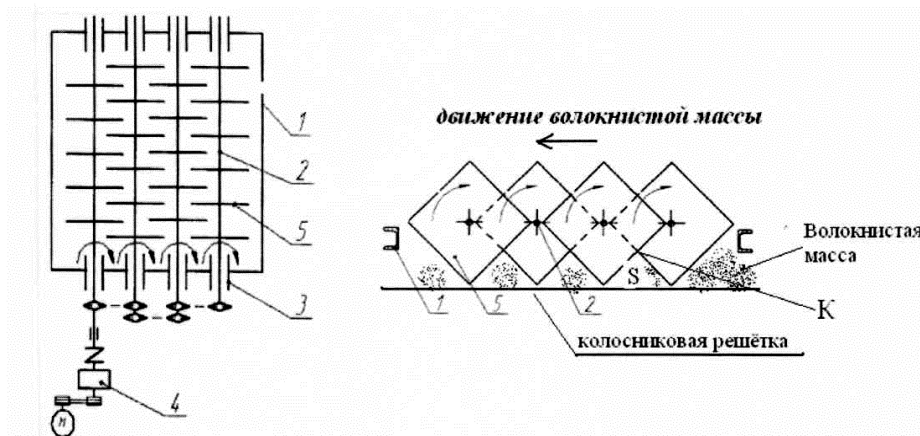


Рис. 1

При предложенном варианте очистки волокнистая масса попадает в зону между колосниковой решёткой и системой вращающихся многоугольных пластин, форма которых может быть разной. Посредством взаимодействия с вершинами пластин волокнистая масса подвергается циклическим воздействиям и перемещается.

При такой обработке важно обеспечить условие самоочистки свободных пространств между пластинами на валах, в которых может накапливаться волокно. Для этого межосевое расстояние ( $\ell$ ) для валов (например, с квадратными пластинами) следует выбирать с учетом следующего условия:

$$\ell = \frac{a\sqrt{2}}{2} + z_1,$$

где  $z_1$  – небольшой зазор между траекторией движения квадратов и осью соседнего вала;  $a$  – длина стороны квадрата.

В процессе вращения пластин меняется координата т. К и, как следствие, площадь  $S$ , которая при постоянной ширине рабочей зоны характеризует интенсивность процесса обработки. Иными словами, по изменению величины указанной площади  $S$  можно судить о характере сжатия и разряжения обрабатываемого материала в зоне обработки. Очевидно, что от интенсивности указанного сжатия-разряжения (частота и величина изменения) будет зависеть степень очистки волокна от примесей и пыли. Таким образом, ставится зада-

ча по исследованию зависимости изменения площади  $\Delta S$ , как  $(S_{\max} - S_{\min})$ , от режимно-конструктивных параметров предложенного устройства.

Изменение активной зоны обработки будет зависеть от формы пластин. Поэтому в качестве базовых форм пластин выберем: треугольник, квадрат, пятиугольник. В этом случае необходимо определить, какая форма будет обеспечивать лучший результат при обработке по изменчивости площади  $S$ . Заметим, что  $S$  меняет свое значение в зависимости от угла поворота валов. Полагаем, что чем большее значение имеет модуль изменения площади, тем больше эффективность очистительного воздействия.

Рассмотрим схему, представленную на рис. 2 с изображением трех типов рабочих органов – пластины различной формы, условно вписанные в окружности равного диаметра: пластины треугольной, четырех- и пятиугольной формы ( $a$  – начальное положение рабочих органов (угол 0 градусов); б – новое положение рабочих органов (угол 20 градусов); в – новое положение рабочих органов (угол 70 градусов)).

Исследуем геометрию движения рабочих органов. Проведем через оси вращения две условные прямые, которые перпендикулярны к плоскости колосниковой решетки. Пересечение со стороной рабочего органа обозначим через т. D1, D2 для 1 и 2 органа соответственно. Точки D1, D2 будут менять свое положение в зависимости от угла поворота вала.



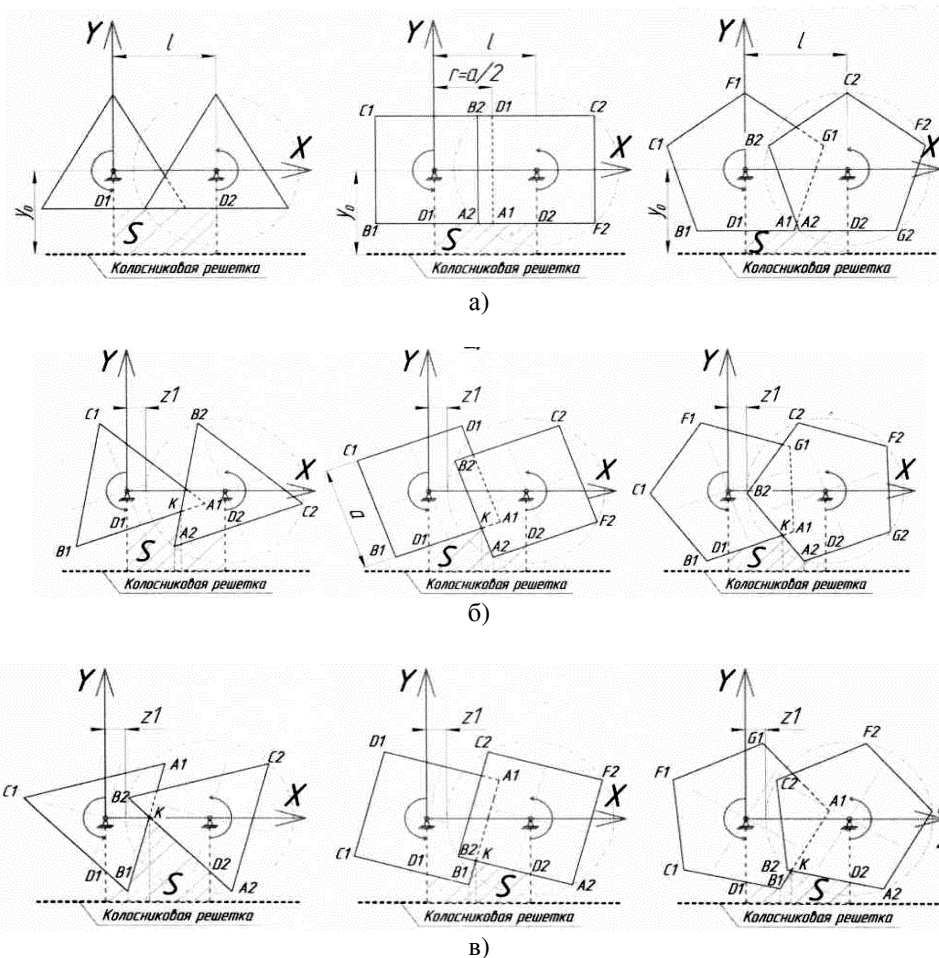


Рис. 2

Будем изучать изменение площади  $S$  под рабочими органами, которая ограничена прямыми, проходящими через центры вращения валов и плоскостью колосниковой решетки. Для этого разобьем площадь  $S$  на несколько фигур, которые представляют собой трапеции. Тогда

$$S = \sum S_j,$$

где  $j$  – количество возможных площадей, которые могут появиться при вращении.

Очевидно, что при разном угле поворота вала в работу могут быть включены разные трапеции (на примере квадрата):

- для прямой  $D1K$ :  $S1_i = 0,5(yD1_i + yK_i - 2y_0)(xK_i - xD1_i)$ ;
- для прямой  $D1B1$ :  $S2_i = 0,5(yD1_i + yB1_i - 2y_0)(xB1_i - xD1_i)$ ;
- для прямой  $B1K$ :  $S3_i = 0,5(yB1_i + yK_i - 2y_0)(xK_i - xB1_i)$ ;
- для прямой  $KA2$ :  $S4_i = 0,5(yK_i + yA2_i - 2y_0)(xA2_i - xK_i)$ ;
- для прямой  $KD2$ :  $S5_i = 0,5(yD2_i + yK_i - 2y_0)(xD2_i - xK_i)$ ;
- для прямой  $A2D2$ :  $S6_i = 0,5(yA2_i + yD2_i - 2y_0)(xD2_i - xA2_i)$ .

Поэтому через функцию  $if$  необходимо отсечь те моменты, когда площадь не

находится под рабочими органами или разделяется вершиной фигуры:

$$S1_i = if(xB1_i > xD1_i, 0, S1_i), S2_i = if(xB1_i > xD1_i, S2_i, 0), S3_i = if(xB1_i > xD1_i, S3_i, 0), S4_i = if(xA2_i > xD2_i, 0, S4_i), S5_i = if(xA2_i > xD2_i, S5_i, 0), S6_i = if(xA2_i > xD2_i, 0, S6_i).$$



Используя такой подход, определим сумму площадей, каждая из которых изменится с течением времени и вносит свой вклад в общую площадь  $S$  под рабочими органами.

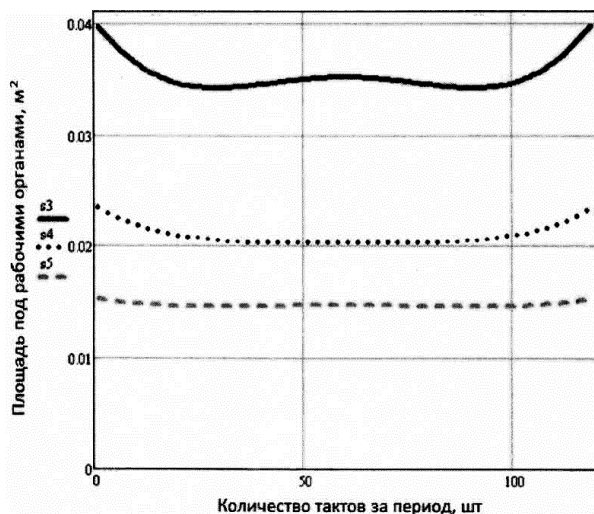


Рис. 3

На рис. 3 представлены результаты расчетов в виде графических зависимостей изменения площадей за время одного периода при вращении пластин ( $s_3$  – треугольник,  $s_4$  – квадрат,  $s_5$  – пятиугольник).

Дополнительно для каждой из исследуемой формы пластин рассчитали величину максимальной  $S_{max}$  и минимальной  $S_{min}$  величины локальной площади активной зоны, а также ее изменение  $\Delta S$ . Для сравнительного анализа предложено использовать величину  $KS$ , равную произведению относительного изменения площади активной зоны под рабочими органами на количество воздействий за один оборот. Показатель  $KS$  предложено считать одним из возможных критериев эффективности обработки. Результаты расчетов представлены в табл. 1 – изменение исследуемых параметров, характеризующих эффективность очистки для различных форм рабочих органов.

Таблица 1

Исследуемые параметры	Значения параметров для пластин разной формы		
	треугольник	квадрат	пятиугольник
Диаметр описанной окружности, м	0,565	0,565	0,565
Сторона рабочего органа, м	0,49	0,4	0,332
Расстояние между валами, м	0,282	0,282	0,282
$S_{max}$ , м <sup>2</sup>	0,04	0,0234	0,015
$S_{min}$ , м <sup>2</sup>	0,0342	0,0203	$14,605 \cdot 10^{-3}$
$\Delta S$ , м <sup>2</sup>	0,00557	0,0031	0,000712
Относительное изменение площади за один период $S_{отн}$	0,1401	0,1327	0,0465
Критерий эффективности $KS$ – относительное изменение площади за полный оборот пластины 360 град	0,4203	0,5308	0,2325

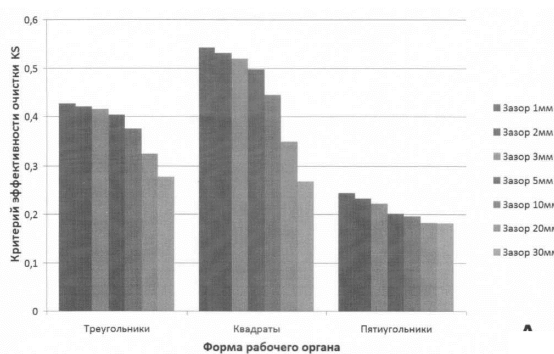
Из полученных результатов следует, что наибольшее изменение площади активной зоны наблюдается при использовании пластин треугольной формы. В сравнении с пластинами четырех- и пятиугольной формы  $\Delta S$  соответственно увеличивается примерно в два и четыре раза. Более того, в пределах одного периода для треугольных пластин наблюдается некоторая изменчивость площади, что также должно приводить к улучшению очистки. Однако, рассматривая результаты применительно к полному обороту пластин, наилучший эффект относительного изменения площади

проявляется для пластин четырехугольной формы. Поэтому квадратная форма рабочих органов должна обеспечивать более интенсивную очистку.

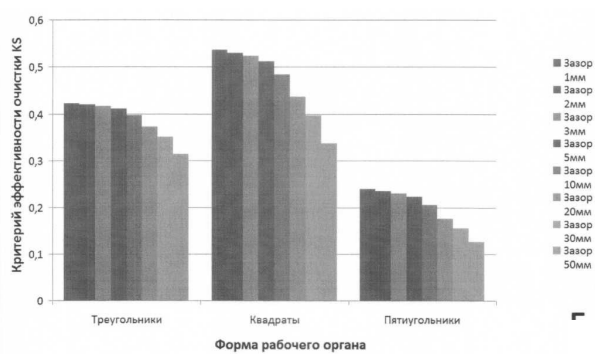
В процессе исследований было обращено внимание на зависимость изменения величин, образованных под рабочими органами площадей, от параметра зазора  $z_1$  (рис. 2). Величина этого зазора может влиять на качество очистки котонина. Это объясняется тем, что для разных значений  $z_1$  будут меняться площади активных зон обработки. С этой целью дополнительно были проведены расчеты изменения пло-

щадей при использовании исследуемых многоугольников в условиях изменения  $z1$  от 1 до 30 мм. При расчете было принято, что диаметр окружности, описанной около

рабочего органа, соответствовал той, в которую вписывается квадрат со стороной 400 мм.



а)



б)

Рис. 4

На рис. 4 показано изменение эффективности очистки  $KS$  в зависимости от формы пластин: а) – при разном значении зазора  $z1$ ; б) – при разном значении зазора  $z2$ . На рис. 4-а в виде диаграмм представлены результаты расчетов.

Оказалось, что изменение величины зазора  $z1$  также существенно влияет на величину  $KS$ . Например, увеличение зазора до 30 мм будет вызывать снижение критерия эффективности  $KS$  примерно в два раза, что, вероятно, будет способствовать снижению эффективности процесса очистки волокна.

На следующем этапе исследовали влияние на критерий  $KS$  величины зазора  $z2$  – между траекторией движения крайних точек рабочих органов и плоскостью колосниковой решетки (рис. 2). Изменяя значение зазора  $z2$ , вероятно, также можно достигать разного качества обработки. Результаты этих исследований представлены на рис. 4-б. Их получение осуществляли в условиях изменения  $z2$  от 1 до 50 мм.

Из диаграмм, представленных на рис. 4-а и 4-б, следует, что наибольшее изменение площади активной зоны наблюдается при использовании рабочих органов в виде пластин квадратной формы, минимальная – пятиугольной формы. Увеличение зазоров  $z1$  и  $z2$  на 1 мм для пластин трех- и пятиугольной формы будет спо-

способствовать снижению  $KS$  примерно на 1%. В то же время для пластин четырехугольной формы это снижение в 2 и более раз больше, что можно использовать для регулировки процессом очистки котонина от костры в зависимости от исходных свойств волокна.

Однако при разработке устройства ориентироваться только на эффективность процесса очистки недостаточно. Применительно к предложенной схеме требуется изучать условия взаимодействия волокнистой массы с рабочими органами, а также ряд других аспектов рассматриваемого процесса, связанных с перемещением волокна вдоль зоны обработки и надежностью его перехода из одной локальной зоны в другую. Эти вопросы предусматривается изучать на последующих этапах исследования.

## ВЫВОДЫ

1. Предложена схема очистки котонина от примесей, при которой эффективность процесса зависит от формы рабочих органов в виде закрепленных на валах пластин, их расположения друг относительно друга, частоты вращения и степени изменения площади локальных зон между пластинами и колосниковой решеткой. Наибольшее изменение площади активной зоны

наблюдается при использовании рабочих органов в виде пластин треугольной формы, минимальная – пятиугольной формы.

2. Для выбора рациональной формы рабочих органов предложено использовать коэффициент эффективности очистки  $KS$ , равный произведению относительного изменения площади активной зоны под рабочими органами на количество воздействий за один оборот. Анализ результатов исследования коэффициента  $KS$  позволяет сделать заключение о том, что наиболее эффективными являются рабочие органы 4-угольной формы.

3. На изменчивость критерия  $KS$  влияет величина зазора между траекторией перемещения вершин пластин и поверхностью валов  $z1$ , а также зазор между плоскостью колосниковой решетки и траекторией перемещения вершин пластин  $z2$ .

4. Применительно к предложенной схеме очистки котонина необходимо изучение условий взаимодействия волокнистой массы с рабочими органами, а также условий перемещения волокна вдоль зоны обработки и надежностью его перехода из одной локальной зоны в другую.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Пашин Е.Л., Смирнова Т.Ю., Разин С.Н. Совершенствование технологии механической модификации льна. – Кострома: ВНИИ по переработке лубяных культур РАСХН, 2004.

2. Разин С.Н., Пашин Е.Л. Теоретические основы совершенствования механической модификации льна. – Кострома: КГТУ-ВНИИЛК РАСХН, 2005.

3. Патент РФ № 2358048. Устройство для очистки волокна от неволокнистых примесей / Пашин Е.Л., Беляев П.В., ВНИИЛК РАСХН, опубл. 10.06.2009.

## REFERENCES

1. Pashin E.L., Smirnova T.Ju., Razin S.N. Sovershenstvovanie tehnologii mehanicheskoy modifikacii l'na. – Kostroma: VNIИ po pererabotke lubjanyh kul'tur RASHN, 2004.

2. Razin S.N., Pashin E.L. Teoreticheskie osnovy sovershenstvovanija mehanicheskoy modifikacii l'na. – Kostroma: KGTU-VNIILK RASHN, 2005.

3. Patent RF № 2358048. Ustrojstvo dlja ochistki volokna ot nevoloknistyh primesej / Pashin E.L., Beljaev P.V., VNIILK RASHN, opubl. 10.06.2009.

Рекомендована кафедрой технологии производства льняного волокна. Поступила 01.10.15.

УДК 677.022

**ТЕОРИЯ КРУЧЕНИЯ И ДЕФОРМАЦИИ  
ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРЯЖИ ПОСЛОЙНОЙ СТРУКТУРЫ**

**THE THEORY OF TORSION AND DEFORMATION  
TEXTILE YARN LAYERED STRUCTURES**

*Е.С. ХОМЯКОВ, А.К. НАУМОВ*  
*E.S. KHOMYAKOV, A.K. NAUMOV*

(Костромской государственный технологический университет)  
(Kostroma State Technological University)  
E-mail: info@kstu.edu.ru

*Для прогнозирования свойств нити нужно знать: расположение элементов в нити, их структуру и свойства входящих в нее волокон. Учитывая то, что волокон не так много и их свойства достаточно хорошо изучены, можно прогнозировать свойства пряжи по соответствующим свойствам волокон при различных технологических процессах.*

*Цель работы заключалась в выявлении зависимости свойств пряжи от ее структуры и соответствующих свойств волокон. Для решения данной задачи была построена модель пряжи послойной структуры, позволяющая, например, рассчитать жесткость на растяжение пряжи послойной структуры.*

*To predict the properties of threads need to know: the arrangement of elements in the thread, their structure and properties of its constituent fibres. Given the fact that the fibres are not so many and their properties are studied enough, we can predict the properties of a yarn under the relevant properties of fibers under various technological processes.*

*The aim of this work is to identify the dependence of properties of yarn from its structure and the relevant properties of fibers. For this task was constructed model yarn layer-by-layer structure allows for example, to calculate the hardness tensile yarn layer-by-layer structure.*

**Ключевые слова:** жесткость на растяжение, пряжа послойной структуры, волокно, нейтральный радиус, кручение, скручивание.

**Keywords:** hardness tensile, yarn layered structures, fiber, neutral radius, twisting, twisting.

Известно, что деформационные свойства нити оказывают значительное влияние на ее пригодность к использованию во всех технологических процессах.

В свою очередь, они зависят от структуры нити и деформационных свойств волокон или элементарных нитей ее составляющих.

Таким образом, для прогнозирования свойств нити нужно знать: расположение элементов в нити, их структуру и свойства входящих в нее волокон. Учитывая то, что волокон не так много и их свойства достаточно хорошо изучены, можно прогнозировать свойства пряжи по соответствующим свойствам волокон при различных технологических процессах.

Пряжа при кручении получает укрутку, однако при этом деформационные и иные свойства элементарных волокон, расположенных в ее центральном слое и на "периферии", совершенно различны. В то время, как волокна вне так называемого "нейтрального" радиуса получают реальную деформацию растяжения, волокна внутри – "гофрируются" (поскольку в технической операции кручения они практически не сжимаются в продольном направлении, то есть получают некоторую "извитость"). При этом сложнейшем процессе кручения происходит миграция волокон из слоя в слой, некоторые волокна подвергаются разрушению, уменьшается диаметр пряжи и т.д.

Принимая гипотезу о послойном строении пряжи по длине одного витка, предложенную в [1] и [2], введем следующие допущения:

– пряжа состоит из большого числа элементарных нитей, диаметр которых весьма мал по сравнению с диаметром нити;

– волокна в пряже расположены эквидистантно, то есть заполняют площадь поперечного сечения равномерно (естественно, с пустыми промежутками между ними);

– пряжа имеет послойную структуру и обладает неким нейтральным радиусом, вне которого волокна деформированы, а внутри гофрированы;

– деформации волокон являются упругими;

– деформации чистого сдвига и изгиба не оказывают заметного воздействия на усилия, возникающие в элементарных нитях;

– отсутствует перепутывание волокон, то есть каждое волокно поворачивается со своим цилиндрическим слоем.

При расчете деформационных свойств пряжи на растяжение в отличие от [2] вместо интегрирования предлагаем метод суммирования упругих характеристик входящих в нее волокон [3].

Приведем алгоритм расчета жесткости на растяжение одного витка пряжи послойной структуры [4], [5] по заданным: деформации растяжения  $\varepsilon$  (%), объемной плотности пряжи  $G_p$  (г/см<sup>3</sup>), линейной плотности пряжи  $T_p$  (текс), объемной плотности волокна  $G_v$  (г/см<sup>3</sup>), линейной плотности волокна  $T_v$  (текс), жесткости волокна на растяжение  $C_v$  (Н/мм), крутке пряжи  $K$  (1/м).

Найдем высоту одного витка пряжи:

$$L_k = \frac{1000}{K}. \quad (1)$$

Вычислим величину усадки пряжи при ее получении [1]:

$$\phi = \sqrt[3]{\left(1 - AK \sqrt{\frac{T_p}{1000}}\right)^2}, \quad (2)$$

где  $A$  – безразмерный эмпирический коэффициент, например для хлопчатобумажной пряжи 25 текс равный 0,00045.

Определим число кручений на 1 мм пряжи:

$$K_r = \frac{1}{L_k}. \quad (3)$$

Тогда нейтральный радиус пряжи [5]:

$$R_n = \frac{1}{2\pi K_r} \sqrt{\frac{1}{(1-\phi)^2} - 1}. \quad (4)$$

Предполагая, что максимальная величина извитости (разница между длиной волокна и длиной витка  $Lk$  в проекции на ось пряжи) соответствует волокну, находящемуся в центральном слое, получим:

$$L_{\max} = (1 - \phi)Lk. \quad (5)$$

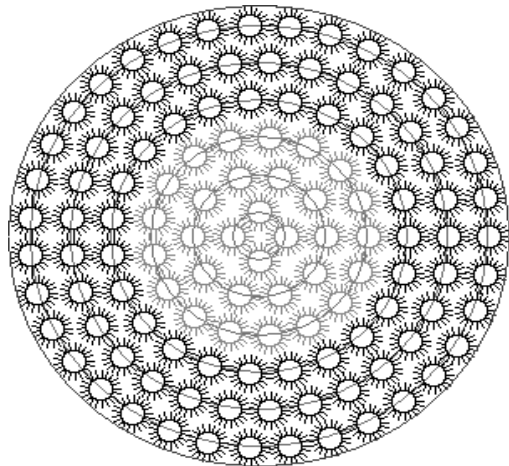


Рис. 1

Учитывая эквидистантное расположение волокон (рис. 1) программно, по вычисленным условным диаметрам, определим количество слоев в сечении пряжи:

$$m = \frac{1}{2} \frac{dp}{dv}, \quad (7)$$

и радиус внешнего слоя:

$$R_1 = Rp - Rv = \frac{1}{2}(dp - dv) \quad (8)$$

последующих:

$$R_i = R_1 - 2Rv(i - 1), \quad i = 1, \dots, m. \quad (9)$$

Предполагая, что волокна равномерно распределены по сечению пряжи, найдем количество волокон в каждом слое [7]:

$$n_i = \frac{\pi}{\arcsin\left(\frac{Rv}{R_i}\right)}, \quad i = 1, \dots, m. \quad (10)$$

Используя известную [6] зависимость найдем условный диаметр пряжи и волокна соответственно:

$$dp = \frac{2}{\sqrt{1000\pi}} \sqrt{\frac{Tp}{Gp}}, \quad dv = \frac{2}{\sqrt{1000\pi}} \sqrt{\frac{Tv}{Gv}}. \quad (6)$$

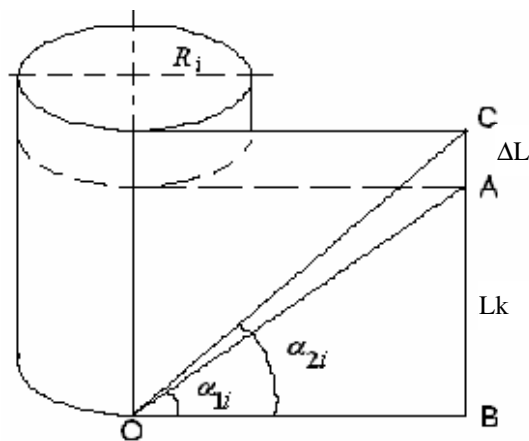


Рис. 2

Определим удлинение витка при заданной деформации  $\epsilon$  (рис. 2 – развертка одного витка пряжи):

$$AC = \Delta L = \frac{\epsilon}{100} Lk. \quad (11)$$

Для каждого слоя вне нейтрального радиуса вычислим углы наклона волокна, расположенного по винтовой линии, к оси нити до и после деформации [8]:

$$\alpha_{i1} = \arctg\left(\frac{Lk}{2\pi R_i}\right), \quad (12)$$

$$\alpha_{i2} = \arctg\left(\frac{Lk + \Delta L}{2\pi R_i}\right).$$

Определим удлинение волокон  $i$ -го слоя после деформации:

$$\delta_i = OC - OA = 2\pi R_i \left( \frac{1}{\cos(\alpha_{i1})} - \frac{1}{\cos(\alpha_{i2})} \right). \quad (13)$$

Если слой находится внутри нейтрального радиуса, то волокна этого слоя сначала распрямляются и только после этого получают удлинение при достаточной величине деформации. Найдем величину, на которую уменьшится извитость волокна  $i$ -го слоя внутри нейтрального радиуса:

$$\delta 0_i = -\frac{L_{\max}}{R_H} R_i + L_{\max} \quad (14)$$

и удлинение этих волокон:

$$\delta_i = \delta_i - \delta 0_i. \quad (15)$$

Если  $\delta_i < 0$ , то есть при данной деформации волокна  $i$ -го слоя только выпрямляются, но не растягиваются, то считаем, что  $\delta_i = 0$ .

Вычислим длину волокна  $i$ -го слоя до деформации (рис. 2):

$$L_{v_i} = OA = \frac{Lk}{\sin(\alpha_{1i})}. \quad (16)$$

Найдем жесткость, отнесенную к длине волокна, для каждого слоя:

$$C_{v_i} = \frac{C_v}{L_{v_i}}. \quad (17)$$

Определим усилие, необходимое для получения  $i$ -м слоем деформации  $\delta_i$ :

$$P_{s_i} = C_{v_i} \delta_i n_i \cos\left(\frac{\pi}{2} - \alpha_{1i}\right). \quad (18)$$

Просуммируем усилия каждого слоя:

$$P = \sum_{i=1}^m P_{s_i}. \quad (19)$$

Вычислим жесткость витка пряжи:

$$C_p = \frac{P}{\frac{\Delta L}{Lk}} = \frac{P}{\epsilon} \cdot 100. \quad (20)$$

Полученное значение жесткости пряжи будет отнесено к 1 мм, то есть будет измеряться в единицах, Н/мм, и может быть использовано, например, при построении модели процесса скручивания нитей [9].

## ВЫВОДЫ

1. Предложен метод прогнозирования свойств пряжи или нити по ее составляющим, позволяющий определить пригодность продукта к технологической переработке на стадии планирования.

2. Полученная модель нити послойной структуры позволяет произвести теоретический расчет жесткости пряжи на растяжение.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Соколов Г.В. Теория кручения волокнистых материалов. – М.: Легкая индустрия, 1977.
2. Мовшович П.М. Самокруточное прядение. – М.: Легкая промышленность и бытовое обслуживание, 1985.
3. Наумов А.К., Переверзев А.П., Ямщиков С.В. Деформационная модель пряжи //Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1998, №6. С. 22...25.
4. Хомяков Е.С., Наумов А.К., Струсевич В.Д. Математическая модель изменения структуры волокнистого продукта при кручении //Сб. тр. XIX Междунар. научн. конф.: Математические методы в технике и технологиях. – Воронеж, 2006. – Т. 10. С.213...214.
5. Наумов А.К., Хомяков Е.С., Струсевич В.Д. Теоретический расчет радиуса нейтрального слоя пряжи при ее кручении. // Вестник Костромского гос. технолог. ун-та. – Кострома, 2005, №11. С.129...130.
6. Кукин Г.Н., Соловьев А.Н., Кобляков А.И. Текстильное материаловедение (волокна и нити). – М.: Легпромиздат, 1989.
7. Коган А.Г. Производство комбинированной пряжи и нити. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981.
8. Пискунов Н.С. Дифференциальное и интегральное исчисления. – В 2-х т., Т. 2 – М.: Наука, 1976.
9. Хомяков Е.С., Наумов А.К. Анализ математической модели Севостьянова процесса скручивания двух нитей // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2007, №1С. С.73...76.

## REFERENCES

1. Sokolov G.V. Teorija kruchenija voloknistyh materialov. – M.: Legkaja industrija, 1977.

2. Movshovich P.M. Samokrutochnoe prjadanie. – M.: Legkaja promyshlennost' i bytovoe obsluzhivanie, 1985.

3. Naumov A.K., Pereverzev A.P., Jamshhikov S.V. Deformacionnaja model' prjazhi. //Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 1998, №6. S. 22...25.

4. Homjakov E.S., Naumov A.K., Strusevich V.D. Matematicheskaja model' izmenenija struktury voloknistogo produkta pri kruchenii //Sb. tr. XIX Mezhdunar. nauchn. konf.: Matematicheskie metody v tehnike i tehnologijah. – Voronezh, 2006. – T. 10. S. 213...214.

5. Naumov A.K., Homjakov E.S., Strusevich V.D. Teoreticheskij raschet radiusa nejtral'nogo sloja prjazhi pri ee kruchenii. // Vestnik Kostromskogo gos. tehnolog. un-tv. –Kostroma, 2005, №11. S.129...130.

6. Kukin G.N., Solov'ev A.N., Kobljakov A.I. Tekstil'noe materialovedenie (volokna i niti). – M.: Legpromizdat, 1989.

7. Kogan A.G. Proizvodstvo kombinirovannoj prjazhi i niti. – M.: Legkaja i pishhevaja promyshlennost', 1981.

8. Piskunov N.S. Differencial'noe i integral'noe ischislenija. – V 2-h t., T. 2 – M.: Nauka, 1976.

9. Homjakov E.S., Naumov A.K. Analiz matematicheskoy modeli Sevost'janova processa skruchivaniya dvuh nitej // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2007, №1S. S.73...76.

Рекомендована кафедрой высшей математики.  
Поступила 17.11.14.

УДК 677.072.636

## ПРОЦЕСС ФОРМИРОВАНИЯ ПЕТЕЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ НА ФАСОННОЙ ПРЯЖЕ

### FORMATION LOOPED STRUCTURE AT FANCY YARNS

*E.B. ПАВЛЮЧЕНКО, А.В. ГОЛУБЧИКОВА, П.М. МОВШОВИЧ, К.Э. РАЗУМЕЕВ, С.Б. ЛАЗУРЕНКО*  
*E.V. PAVLYUCHENKO, A.V. GOLUBCHIKOVA, P.M. MOVSHOVICH, K.E. RAZUMEEV, S.B. LAZURENKO*

(Московский государственный университет дизайна и технологии,  
Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского,  
"Научный центр здоровья детей" Российской академии медицинских наук)  
(Moscow State University of Design and Technology,  
Moscow State University of Technology and Management named after K.G. Razumovsky,  
"Scientific Center of Children's Health" Russian Academy of Medical Sciences)  
E-mail: movshovich@yandex.ru

*В работе рассмотрена математическая модель формирования фасонной пряжи петельной структуры. Показано, что при определенных конструктивных и технологических параметрах кривая изменения крутки имеет точки разрыва. Эти точки соответствуют началу образования петли.*

*The mathematical model of the hinge structure of fancy yarns is the subject of this paper. It is shown that under certain structural and technological parameters of the curve changes the twist is the point of discontinuity. These points are corresponding with the top of a loop.*

**Ключевые слова:** фасонная пряжа, петельная структура, крутка, разрыв.

**Keywords:** fancy yarns, coiled structure, the twist, the gap (break).



Фасонная пряжа, как известно, может вырабатываться различными способами, как на специализированном, так и на неспециализированном оборудовании. Многочисленные варианты (по волоконному составу, способу получения, видам оборудования) фасонной пряжи были представлены в классификации [1], а теоретические основы технологии прядения и оборудование приготовления крученой фасонной пряжи и ниток в межвузовских учебных пособиях [2], [3].

В данной работе приводятся результаты исследований, связанных с разработкой математической модели, описывающей процесс формирования петельных структур на фасонной пряже. Такие нити представляют серьезный интерес при выработке модных тканей и трикотажа. В то же время, как показали наши исследования, такие нити могут быть с успехом использованы в тканях и трикотаже при проектировании одежды, предназначенной для детей [4] с ограниченными возможностями здоровья. Это объясняется тем, что такие структуры создают полезный массажный эффект в соответствующих чувствительных точках.

В современной научной литературе теоретическому описанию процесса формирования петельных структур уделено недостаточное внимание.

В качестве базы для наших исследований был принят соответствующий узел модернизации для машины ПК-100 [5].

Рассмотрим процесс формирования петельной структуры на фасонной пряже. На рис. 1 приведена расчетная схема процесса.

Из рис. 1 следует, что процесс формирования фасонной пряжи петельных структур является нестационарным, так как имеет место отклонение от стабильного (нормального) процесса кручения, кото-

рый характерен для классических процессов кручения обычной пряжи [6]. В связи с этим особый интерес вызывает исследование динамики формирования фасонной пряжи петельных структур.

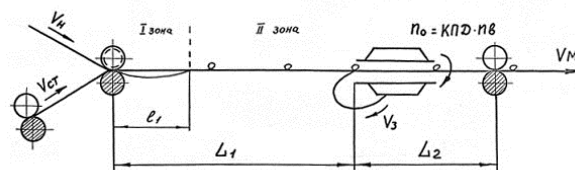


Рис. 1

Предложенная схема механизма при формировании фасонной пряжи петельных структур представляет собой схему однозонного крутильного устройства.

Для определения крутки в зоне формирования фасонной пряжи петельных структур составим уравнение баланса круток за время  $dt$ , предполагая, что в зону поступает продукт с круткой  $K_0$ :

$$dN = ndt + V_n dt K_0 - V_{ct} dt K_0 - V_{ct} dt K(t), \quad (1)$$

где  $dN$  – дифференциал числа кручений нагонной нити в I зоне;  $ndt$  – число кручений, сообщенное нагонной нити в I зоне веретеном с нитенатяжителем за время  $dt$ ;  $V_n dt$  – длина продукта (нагонной нити), внесенная за время  $dt$  в I зону;  $V_n dt K_0$  – число кручений, внесенное нагонной нитью за время  $dt$  в I зону;  $V_{ct} dt$  – длина продукта (нагонной нити), вынесенная за время  $dt$  из I зоны;  $V_{ct} dt (K_0 + K(t)) = V_{ct} dt K_0 + V_{ct} dt K(t)$  – число кручений, унесенное с нагонной нитью из I зоны за время  $dt$ .

С другой стороны,  $dN$  можно представить в виде:

$$dN = d\{[(V_n - V_{ct})t + \ell_1]K_0\} + d\{[(V_n - V_{ct})t + \ell_1]K(t)\}, \quad (2)$$

где  $(V_n - V_{ct})t = \Delta \ell$  – приращение длины нагонной нити в I зоне за время  $t$ .

Приравнявая правые части приведенных выражений (1) и (2) для  $dN$ , получим следующее выражение:

$$d\{[(V_n - V_{cr})t + \ell_1]K_0\} + d\{[(V_n - V_{cr})t + \ell_1]K(t)\} = ndt + V_n dt K_0 - V_{cr} dt K_0 - V_{cr} dt K(t). \quad (3)$$

Заменив  $V_n = H_\Phi V_{cr}$ , где  $H_\Phi$  – коэффициент нагона, и поделив на  $dt$ , получим:

$$(H_\Phi - 1)V_{cr}t \frac{dK(t)}{dt} + (H_\Phi - 1)V_{cr}K(t) + \ell_1 \frac{dK(t)}{dt} = n - V_{cr}K(t),$$

или

$$\frac{dK(t)}{dt} + \frac{H_\Phi}{(H_\Phi - 1)t + T} K(t) = \frac{n/V_{cr}}{(H_\Phi - 1)t + T}, \quad (4)$$

где  $T = \frac{\ell_1}{V_{cr}}$  – постоянная времени.

Полученное выражение (4) представляет собой линейное неоднородное дифференциальное уравнение 1-го порядка.

Применяя известные приемы решения такого типа уравнения, получим:

$$K(t) = \frac{n/V_{cr}}{H_\Phi} - \left( \frac{n/V_{cr}}{H_\Phi} - \frac{n}{V_{cr}} - K_0 \right) e^{-\frac{H_\Phi}{H_\Phi - 1} \ln \left[ \frac{(H_\Phi - 1)t + \ell_1/V_{cr}}{\ell_1/V_{cr}} \right]}. \quad (5)$$

Для установления вида переходного процесса образования петли введем понятие критической крутки  $K_{кр}$ . Критической при определенной величине нагона будем

называть такую крутку, превышение которой приводит к образованию петли.

Произведя замену  $K(t)$  на  $K_{кр}$ , получим:

$$K_{кр} = \frac{n/V_{cr}}{H_\Phi} - \left( \frac{n/V_{cr}}{H_\Phi} - \frac{n}{V_{cr}} - K_0 \right) e^{-\frac{H_\Phi}{H_\Phi - 1} \ln \left[ \frac{(H_\Phi - 1)t_n + \ell_1/V_{cr}}{\ell_1/V_{cr}} \right]}, \quad (6)$$

где  $t_n$  – время, в течение которого еще не происходит образование петли.

Проведя ряд преобразований выражения (6), находим:

$$t_n = \frac{\ell_1}{V_{cr}(H_\Phi - 1)} \left\{ e^{\frac{H_\Phi - 1}{H_\Phi} \ln \left[ \frac{n/V_{cr} - (n/V_{cr})H_\Phi - K_0 H_\Phi}{n/V_{cr} - K_{кр} H_\Phi} \right]} - 1 \right\}, \quad (7)$$

$$t_n = f(\ell_1; V_{cr}; H_\Phi; n; K_0; K_{кр}).$$

Выражение (7) устанавливает функциональную зависимость времени, в течение которого еще не происходит образование петли, от конструктивных и технологических параметров процесса.

График переходного процесса образования фасонной пряжи петельных структур (рис. 2) получен по уравнению (5), в котором  $t$  может, в свою очередь, быть получено из формулы (7).

График переходного процесса образования фасонной пряжи петельных структур представляет собой функцию, имеющую точки разрыва:

$t_0 = t_n n$ , где  $n = 1, 2, 3, \dots, \infty$ .

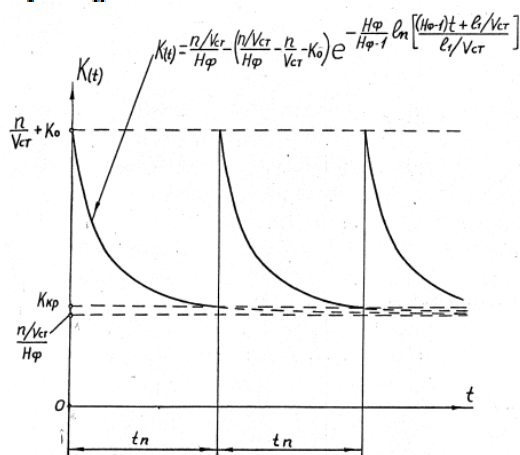


Рис. 2

Из полученного графика (рис. 2) видно, что:

- при уменьшении крутки нагонной нити в зоне до значения  $K_{кр}$  происходит образование петли, крутка возрастает и процесс повторяется;

- при  $K_{кр}$  большей заправочной крутки  $K_0 + \frac{n}{v_{ст}}$  петля не образуется (образуется спираль);

- при  $K_{кр}$  меньшей крутки в установившемся режиме  $\frac{n/v_{ст}}{H_{ф}}$  при данном нагоне, происходит образование одной петли.

Таким образом, нами рассмотрен процесс формирования фасонной пряжи петельных структур с его характерными особенностями.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Разумеев К.Э., Кудрявцева Т.Н. Производство фасонной пряжи. – М.: Глобус, 2005.
2. Разумеев К.Э., Павлов Ю.В., Чистобородов Г.И., Ашин Н.М., Плеханов А.Ф., Павлов К.Ю., Халезов С.Л., Асташов М.М. Теоретические основы технологии прядения. – Иваново: ИВГПУ, 2014.
3. Разумеев К.Э., Павлов Ю.В., Чистобородов Г.И., Ашин Н.М., Плеханов А.Ф., Павлов К.Ю., Михайлов Б.С., Минофьев А.А., Халезов С.Л., Асташов М.М. Процессы, технология и оборудование приготовления крученой, фасонной пряжи и ниток. – Иваново: ИВГПУ, 2014.
4. Смирнова Л.П. Потребительские свойства изделий-элементов бытовой предметной среды ребенка первого года жизни. // Дизайн и технологии. – 2014, №42(84). С. 97...103.
5. Кориковский П.К. и др. Устройство для получения фасонной пряжи на прядильной машине.

Авторское свидетельство СССР кл. DO2G 3/38 №956650, 1980 г.

6. Соколов Г.В. Теория кручения волокнистых материалов. – М., Легкая индустрия, 1977.

#### REFERENCES

1. Razumeev K.Je., Kudrjavceva T.N. Proizvodstvo fasonnoj prjazhi. – M.: Globus, 2005.
2. Razumeev K.Je., Pavlov Ju.V., Chistoborodov G.I., Ashnin N.M., Plehanov A.F., Pavlov K.Ju., Halezov S.L., Astashov M.M. Teoreticheskie osnovy tehnologii prjadenija. – Ivanovo: IVGPU, 2014.
3. Razumeev K.Je., Pavlov Ju.V., Chistoborodov G.I., Ashnin N.M., Plehanov A.F., Pavlov K.Ju., Mihajlov B.S., Minof'ev A.A., Halezov S.L., Astashov M.M. Processy, tehnologija i oborudovanie prigotovlenija kruchennoj, fasonnoj prjazhi i nitok. – Ivanovo: IVGPU, 2014.
4. Smirnova L.P. Potrebiteľ'skie svojstva izdelij-jelementov bytovoj predmetnoj sredy rebenka pervogo goda zhizni. // Dizajn i tehnologii. – 2014, №42(84). S.97...103.
5. Korikovskij P.K. i dr. Ustrojstvo dlja polucheni-ja fasonnoj prjazhi na prjadil'noj mashine. Avtorskoje svidetel'stvo SSSR kl. DO2G 3/38 №956650, 1980 g.
6. Sokolov G.V. Teorija kruchenija voloknistyh materialov. – M., Legkaja industrija, 1977.

Рекомендована кафедрой химических технологий и нетканых материалов МГУТиУ имени К.Г. Разумовского. Поступила 10.02.15.

УДК 677.023

**АНАЛИЗ ПРИЧИН ЖГУТООБРАЗОВАНИЯ  
ПРИ ФОРМИРОВАНИИ БОБИН  
НА МОТАЛЬНЫХ МАШИНАХ ФРИКЦИОННОГО ТИПА \***

**ANALYSIS OF THE FORMATION  
OF PLAITS REEL  
TO WINDING MACHINES FRICTION TYPE**

*А.И. ПАНИН, И.В. РЫБАУЛИНА*  
A.I. PANIN, I.V. RYBAULINA

(Московский государственный университет дизайна и технологий)  
(Moscow State University of Design and Technology)  
E-mail: nsd0701@mail.ru

*Одной из главных причин образования большого количества отходов пряжи при ее перематывании на машинах фрикционного типа является жгутобразование. Причины жгутобразования и пути устранения рассмотрены в данной работе.*

*One of the main reasons of formation of a considerable quantity of a waste of a yarn at its rewinding on the machines is offrictional type is formation of plaits. The reasons by formation of plaits and elimination ways are considered in the given work.*

**Ключевые слова:** намотка, виток, нитеводитель, жгутобразование, электропрерыватель.

**Keywords:** winding, spiral, thread guide, formation of plaits, electro interrupter.

На мотальных машинах с совместным действием механизмов намотки и раскладки нити – машинах фрикционного типа (М-2, АМК-150-1, АУТОСУК и др.) передаточное отношение от веретена к кулачку нитеводителя (мотальному барабанчику)

уменьшается по мере наматывания бобины и может быть определено по формуле:

$$i = \frac{d_b}{D_k}, \quad (1)$$

\* Работа выполнена под руководством проф., докт. техн. наук С.Д. Николаева.

где  $d_b$  – диаметр мотального барабанчика;  $D_k$  – контактный диаметр намотки.

По мере наматывания бобины  $D_k$  непрерывно возрастает.

В некоторый момент времени  $\frac{kd_b}{D_k}$  ста-

новится равным целому числу ( $k$  – общее число оборотов барабанчика за цикл, один двойной ход движения нити).

В этом случае  $\psi_{1,p+1} = 0$  при любом  $p$  ( $p$  – степень замыкания намотки).

Такие намотки называются жгутовыми или однозамкнутыми (поскольку намотка замыкается после одного цикла движения нитеводителя, ибо витки второй пары слоев намотки пойдут по виткам первой пары слоев намотки).

Для машины М-2:  $k=5$  и  $d_b=90$  мм.

Контактные диаметры бобины, при которых могут образовываться жгутовые намотки:

$$D_k = \frac{450}{n_1} \quad (2)$$

или

$$D_k = 1,09D_{cp}. \quad (3)$$

Средний же диаметр бобины изменяется от 59 мм (средний диаметр патрона) до 210 мм (средний диаметр полной бобины). В этом случае:

$$\begin{aligned} 64,31 \leq D_k \leq 228,9, \\ D_{k1} = \frac{450}{6} = 75 \text{ мм}, \quad W = \frac{5 \cdot 90}{75} = 6, \\ D_{k2} = \frac{450}{5} = 90 \text{ мм}, \quad W = \frac{450}{90} = 5, \\ D_{k3} = \frac{450}{4} = 112,5 \text{ мм}, \quad W = 4, \quad (4) \\ D_{k4} = \frac{450}{3} = 150 \text{ мм}, \quad W = 3, \\ D_{k5} = \frac{450}{2} = 225 \text{ мм}, \quad W = 2. \end{aligned}$$

Из указанных пяти жгутовых намоток самой опасной будет та, у которой число витков в паре слоев точно равно числу витков мотальной канавки барабанчика, идущим в ту и другую сторону. В этом

случае витки, наматываемые на бобину, входят в сцепление с витками канавки мотального барабанчика, образуется жесткая передача и устойчивая жгутовая намотка, которую не всегда в состоянии рассеять электропрерыватель.

Число витков в паре слоев намотки [2]:

$$W = ki_0 = \frac{kd_b}{D_k}. \quad (5)$$

Следовательно, на машине М-2 самая опасная намотка образуется при  $D_k=90$  мм.

Очевидно, лучше всего мотальный механизм необходимо спроектировать так, чтобы опасная жгутовая намотка лежала за пределами диапазона изменения  $D_k$ . Для этого необходимо увеличить средний диаметр патрона и уменьшить произведение  $kd_b$ .

В последнем случае несколько возрастает угол скрещивания витков:

$$\operatorname{tg} \frac{\beta}{2} = \frac{\vartheta_H}{\vartheta_0} = \frac{h_{cp} n_b}{\pi d_b n_b} = \frac{h_{cp}}{\pi d_b} = \frac{2H}{\pi k d_b}, \quad (6)$$

где  $h_{cp}$  – средний шаг канавки мотального барабанчика;  $H$  – высота намотки бобины.

Например, при  $d_b = 66$  мм,  $k = 5$  и  $H = 150$  мм имеем:

$$D_k = \frac{66 \cdot 5}{5} = 66 \text{ мм}. \quad (7)$$

Если принять средний диаметр патрона равным 66 мм, то опасная жгутовая намотка окажется за пределами диапазона изменения  $D_k$ , но в этом случае:

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \frac{\beta}{2} = \frac{2H}{\pi k d_b} = \frac{2 \cdot 150}{\pi \cdot 5 \cdot 66} = 0,29, \\ \beta = 32,2^\circ. \end{aligned} \quad (8)$$

Двухзамкнутые намотки образуются в том случае, когда рассматриваемое отношение становится равным целому числу  $n_1$ .

$$D_k = \frac{2kd_b}{D_k}. \quad (9)$$

В нашем случае:

$$\begin{aligned}
 D_{k1} &= \frac{2 \cdot 5 \cdot 90}{13} = 69,23 \text{ мм}, \\
 D_{k2} &= \frac{900}{12} = 75 \text{ мм}, \\
 D_{k3} &= \frac{900}{11} = 81,82 \text{ мм}, \\
 D_{k4} &= \frac{900}{10} = 90 \text{ мм}, \\
 D_{k5} &= \frac{900}{9} = 100 \text{ мм}, \\
 D_{k6} &= \frac{900}{8} = 112,5 \text{ мм}, \\
 D_{k7} &= \frac{900}{7} = 128,57 \text{ мм}, \\
 D_{k8} &= \frac{900}{6} = 150 \text{ мм}, \\
 D_{k9} &= \frac{900}{5} = 180 \text{ мм}.
 \end{aligned} \tag{10}$$

При  $D_{k2}, D_{k4}, D_{k5}, D_{k5}, D_{k8}, D_{k9}$ , образуется жгутовая намотка.

Для формирования на бобине трехзамкнутой намотки справедливо выражение:

$$D_k = \frac{3kd_b}{n_1}. \tag{11}$$

Для формирования р-замкнутых намоток справедливо выражение:

$$D_k = \frac{pkd_b}{n_1}, \tag{12}$$

где  $p = 1; 2; 3 \dots$  – степень замыкания намотки.

Среди любых р-замкнутых намоток при  $p > 1$  всегда будут встречаться жгутовые (одноразамкнутые) намотки, для которых  $p = 1$ .

Намотки с малой степенью замыкания тоже обладают малой плотностью, большой неравномерностью витков на поверхности паковки, низкой сопротивляемостью к выдавливанию витков, и, следовательно, так

же, как и жгутовые намотки, должны быть рассеяны работой электропрерывателя.

Анализ вышеприведенных формул показывает, что наибольшее сгущение намоток с низкой степенью замыкания наблюдается в начале формирования бобины (при малых значениях  $D_k$ ). Увеличение среднего радиуса патрона (конуса) способствует улучшению структуры намотки бобины, способствует ее более легкому сходу до конца.

Очевидно при некоторых значениях  $D_k$  на мотальной паковке могут формироваться и сомкнутые намотки, которые (к сожалению) тоже будут рассеяны электропрерывателем.

## ВЫВОДЫ

1. На бобинах, формируемых на машинах с совместным действием механизмов намотки и раскладки нити, могут образовываться замкнутые и сомкнутые намотки, которые должны рассеиваться электропрерывателем.

2. Электропрерыватель должен работать непрерывно за все время формирования бобины, чтобы рассеивать жгутовые и замкнутые намотки с малой степенью замыкания.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гордеев В.А., Волков П.В. Ткачество. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984.
2. Зайцев В.П., Панин И.Н. О недостатках намаत्याющего устройства пневмомеханической прядильной машины БД-200 М69 // Межвуз. сб. науч. тр.: Новое в технике и технологии ткацкого производства. – Иваново, 1986.

## REFERENCES

1. Gordeev V.A., Volkov P.V. Tkachestvo. – M.: Legkaja i pishhevaja promyshlennost', 1984.
2. Zajcev V.P., Panin I.N. O nedostatках namatyvajushhego ustrojstva pnevmomechanicheskoj prjadil'noj mashiny BD-200 M69 // Mezhvuz. sb. nauch. tr.: Novoe v tehnikе i tehnologii tkackogo proizvodstva. – Ivanovo, 1986.

Рекомендована кафедрой ткачества. Поступила 30.09.13.

## НОВАЯ ТКАНЬ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ЧЕЛОВЕКА ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

### NEW FABRIC TO PROTECT PEOPLE FROM EXPOSURE OF ELECTROMAGNETIC FIELDS

*Е.В. СИЛЬЧЕНКО, С.Д. НИКОЛАЕВ*  
*E.V. SILCHENKO, S.D. NIKOLAEV*

(Московский государственный университет дизайна и технологии)  
(Moscow State University of Design and Technology)  
E-mail: nsd0701@mail.ru

*Предложена новая полиэфирная металлизированная ткань, предназначенная для применения в производстве экранирующих комплектов для защиты человека от воздействия электромагнитных полей. Определены коэффициенты экранирования на различных частотах и электрическое сопротивление образцов тканей.*

*A new metallized polyester fabric designed for use in the manufacture of shielding the standard kit to protect people from exposure of electromagnetic fields. The coefficients of screening at different frequencies and the electrical resistance of tissue samples.*

**Ключевые слова:** металлизированная ткань, экранирование, электрическое сопротивление, электромагнитные поля.

**Keywords:** metalized fabric shielding, electrical resistivity, electromagnetic fields.

Проблема изготовления тканей для спецодежды в нашей стране стоит довольно остро. Следует констатировать, что рынок бытового текстиля Россия проиграла прежде всего Китаю. Но закупать ткани технического назначения из-за рубежа в достаточном объеме не представляется возможным. На ООО "Чайковская текстильная компания" была спроектирована и разработана металлизированная ткань "ScreenTex 240". В настоящее время предприятие выпускает данную ткань под арт. 89001. Характеристика ткани представлена в табл. 1.

Выпускаемая ткань состоит из полиэфирных нитей с вложением антистатических нитей, ткань одежная пестротканая с отделкой, ее ширина – 150 см.

Таблица 1

Параметры	Значение параметра
Ширина ткани, см	150
Поверхностная плотность, г/м <sup>2</sup>	235
Линейная плотность основы, утка, текс	20×3, 20×3
Плотность ткани по основе/по утку, нит/дм	177, 195
Уработка по основе/по утку, %	5, 6
Разрывная нагрузка ткани по основе/по утку, не менее, Н	1200, 1200
Стойкость ткани к истиранию, не менее, циклы	7000

Ткань прошла испытания всех необходимых физико-механических свойств в соответствии с существующей нормативной документацией [1...10].

Представляет интерес определение коэффициента экранирования электромагнитного поля радиочастотного диапазона и электрической проводимости.

Программа испытания образцов экранирующих материалов включала:

- оценку коэффициента экранирования образцов материала для изготовления индивидуальных экранирующих комплектов для защиты человека от воздействия электромагнитных излучений радиочастотного диапазона;

- сравнительную оценку коэффициента экранирования трех образцов материала, два из которых прошли санитарную обработку;

- оценку проводимости трех образцов материала, две из которых прошли санитарную обработку.

Осуществлялись испытания эффективности применения трех образцов материала:

- образец 1 – после санитарной обработки (химическая чистка);

- образец 2 – после санитарной обработки (три машинные стирки);

- новый материал (без санитарных обработок).

Измерения уровней электромагнитного поля (ЭМП) радиочастотного диапазона (на частотах 170, 450, 950, 1800, 2450 и 2800 МГц) осуществлялись без применения образцов тканей и при размещении образцов тканей между источником ЭМП и средством метрологического контроля.

Измерения проводили на расстоянии 10 см от источника ЭМП по величине среднеквадратичного значения напряженности электрического поля (E). Источником ЭМП служил генератор Agilent 8648C, усилитель Mini-Circuits XHL-42W, дипольные антенны SPEAG AG, кабельные сборки H&Z.

Для определения значений E использовали измеритель уровней электромагнитных полей EMR производства фирмы Narda Safety Test Solution GmbH, внесенный в государственный реестр средств измерений за №20041 с датчиком электрического поля типа E-FIELD 8.3.BN 2244/90.20.

По результатам каждого измерения рассчитывали коэффициент экранирования:

$$K_i = 20 \log \left( \frac{E_{\text{фон}}}{E_{\text{обри}}} \right), \quad (1)$$

где  $K_i$  – коэффициент экранирования образца при i-м измерении в соответствующих частотных диапазонах (дБ);  $E_{\text{фон}}$  – напряженность внешнего электрического поля;  $E_{\text{обри}}$  – напряженность электрического поля при использовании i-го образца.

Оценка расхождения коэффициентов экранирования определялась по формуле:

$$\Delta K = |K_{i1} - K_{ij}|. \quad (2)$$

Полученные значения оценивались на соответствие требованиям СанПиН 2.2.4.1191-03; ТР ТС 019.2011. Технический регламент Таможенного Союза "О безопасности средств индивидуальной защиты".

Для определения значений проводимости ткани использовался мультиметр FPPF109N производства фирмы APPA TECHNOLOGY CORP, включенный в государственный реестр средств измерений.

В табл. 2 представлены результаты эксперимента по определению максимального коэффициента экранирования при применении образцов экранирующего материала при разных частотах.

Т а б л и ц а 2

Частота ЭМП, МГц	Коэффициент экранирования, дБ		
	образец 1	образец 2	образец 3
170	35,11	34,93	34,36
450	34,38	34,15	33,04
900	34,89	35,59	37,29
1800	35,93	37,10	34,95
2450	36,18	35,79	35,30
2800	40,04	36,71	38,06



Результаты испытания образцов свидетельствуют о том, что в среднем коэффициент экранирования для всех трех образцов составляет от 33,02 до 40,04 дБ при небольшом расхождении коэффициента экранирования на различных частотах и образцах.

Коэффициенты экранирования немного увеличиваются с увеличением частоты для всех трех образцов. На частоте 450 МГц коэффициент экранирования был минимальным для всех трех образцов и составлял 33,04...34, 18 дБ. Наибольший коэффициент экранирования отмечен на частоте 2800 МГц с максимальным значением у образца №1.

В целом результаты испытаний по оценке средних значений коэффициента

экранирования образцов материала для изготовления индивидуальных экранирующих комплектов для защиты человека от воздействия электромагнитных излучений свидетельствует о достаточно высокой эффективности образцов материала в диапазоне частот 170...2800 МГц.

Представленные образцы могут быть использованы как материал в изделиях средств индивидуальной защиты, предназначенных для применения в качестве средства обеспечения защиты человека от неблагоприятного влияния ЭМП радиочастотного диапазона 170...2800 МГц.

В табл. 3 представлены результаты расчета расхождения максимальных коэффициентов экранирования между образцами на разных частотах.

Таблица 3

Частота ЭМП, МГц	Расхождение максимальных коэффициентов экранирования образцов		
	образцы 1 - 2	образцы 2 - 3	образцы 1 - 3
170	0,18	0,57	0,75
450	0,22	0,69	1,11
900	0,70	0,12	1,69
1800	1,16	3,00	2,13
2450	0,39	3,72	0,49
2800	3,32	1,27	1,34

Сравнительная оценка влияния санитарной обработки на экранирующие свойства трех образцов материала при действии ЭМП в диапазоне частот 170...2800 МГц показывает, что на частоте 170 МГц после первичной и повторной санитарной обработки коэффициент экранирования образцов тканей снижается незначительно, сохраняя высокие армирующие свойства. На частотах 170...900 МГц максимальное значение коэффициентов экранирования по сравнению с первым образцом составило 1,69 после второй санитарной обработки, а на частотах 1800...2450 МГц заметно большее снижение коэффициента экранирования после второй санитарной обработки, составляя при этом 3,00 и 3,72 соответственно.

Результаты сравнительной оценки влияния на эффективность экранирования

материала первичной и повторной санитарной обработки показывают, что несмотря на некоторое снижение коэффициентов экранирования после первичной и повторной обработки, их значения меняются неравномерно по частотным диапазонам. В наименьшей степени они изменяются на частотах до 900 МГц, несколько больше на частотах больших или равных 1800 МГц. Тем не менее, значения снижения коэффициентов экранирования не превышают 10% от исходных величин.

Для определения значений проводимости ткани использовался мультиметр APPA109N фирмы APPA TECHNOLOGY CORP, включенный в государственный реестр средств измерений.

Результаты измерений трех образцов материала представлены в табл. 4.

Частота ЭМП, МГц	Электрическое сопротивление, кОм		
	образец 1	образец 2	образец 3
Измерение 1	15,61	10,10	1,20
Измерение 2	28,57	4,18	4,20
Измерение 3	20,37	7,29	0,72
Измерение 4	18,54	9,11	1,17
Измерение 5	18,36	8,37	0,41
Среднее значение	20,29	7,81	1,54

Из данных, представленных в табл. 4, видно, что электрическое сопротивление ткани неустойчиво и изменяется в зависимости от механического воздействия. Таким образом, электрическое сопротивление ткани сильно зависит от износа в результате гигиенической обработки (стирка, химическая чистка), а также от естественного механического износа в процессе носки защитного комплекта.

Представленные данные свидетельствуют, что:

- проводимость материала не является значимым параметром для обеспечения экранирования в радиочастотном диапазоне ЭМП;

- представленные образцы тканей не удовлетворяют требованиям ГОСТа 12.4.172087 ССБТ. Комплект экранирующих для защиты от электрических полей промышленной частоты, из-за чего и не могут быть использованы в средствах защиты от электрических полей частой 50 Гц.

## В Ы В О Д Ы

1. Применение исследованных образцов металлизированной ткани "ScreenTex 240", арт.89001, предназначенных для применения в производстве экранирующих комплектов для защиты человека от воздействия электромагнитных полей, приводит к значительному снижению уровней ЭМП радиочастотного диапазона (170...2800 МГц) в связи с высокими коэффициентами экранирования; наибольшая степень экранирования отмечается на частоте 2800 МГц.

2. Первичная и повторная санитарная обработки материала приводят к

незначительным изменениям коэффициента экранирования, не превышающим 10% от исходных значений.

3. Данные испытаний экранирующих свойств исследуемой металлизированной ткани показывают, что они полностью соответствуют СанПиН 2.2.4.1191-03. "Электромагнитные поля в производственных условиях".

4. Исследуемая металлизированная ткань, предназначенная для использования при производстве экранирующих комплектов с целью защиты человека от воздействия электромагнитных полей, может быть использована в качестве средства обеспечения защиты человека от неблагоприятного влияния ЭМП радиочастотного диапазона.

5. Параметры материала по электрическому сопротивлению свидетельствуют о недопустимости его использования в экранирующих комплектах, применяемых для защиты персонала от воздействия электрических полей промышленной частоты 50 Гц, так как не обеспечивает защиту человека от токов смещения, импульсных токов, а также токов, вызванных наведенным напряжением; металлизированная ткань "ScreenTex 240" не может быть использована под рабочим напряжением промышленных частот, так как не соответствует требованиям ГОСТа 12.4.172087 ССБТ п.2.11.

6. Эффективность экранирования средств индивидуальной защиты из материала "ScreenTex 240" должна быть определена отдельными испытаниями.

## Л И Т Е Р А Т У Р А

1. СТО 50281518-026-2011. Ткань "ScreenTex 240", арт.89001. ТУ.

2. ГОСТ 3813–72. Материалы текстильные. Ткани и штучные изделия. Методы определения разрывных характеристик при растяжении.
3. ГОСТ 18976–73. Ткани текстильные. Метод определения стойкости к истиранию.
4. ГОСТ 3816–81. Полотна текстильные. Методы определения гигроскопических и водоотталкивающих свойств.
5. ГОСТ 30157.0–95. Полотна текстильные. Методы определения изменения размеров после мокрых обработок или химической чистки. Общие положения.
6. ГОСТ 30157.1–95. Полотна текстильные. Методы определения изменения размеров после мокрых обработок или химической чистки. Режимы обработок.
7. Материалы текстильные. Ткани, нетканые полотна и штучные изделия. Методы определения линейных размеров, линейной и поверхностной плотностей.
8. ГОСТ ИСО 1833–2001. Материалы текстильные. Методы количественного химического анализа двухкомпонентных смесей волокон.
9. ГОСТ 12088–77. Материалы текстильные и изделия из них. Метод определения воздухопроницаемости.
10. ГОСТ 25617–83. Ткани и изделия: льняные, полульняные, хлопчатобумажные и смешанные. Методы химических испытаний.
11. ГОСТ 12.4.172087 ССБТ. Комплект экранирующий для защиты от электрических полей промышленной частоты.
12. СанПиН 2.2.4.1191–03; ТР ТС 019.2011. Технический регламент Таможенного Союза "О безопасности средств индивидуальной защиты".
13. Николаев С.Д., Мартынова А.А., Юхин С.С., Власова Н.А. Методы и средства исследования технологического процесса ткачества. – М.: МГТУ им.А.Н.Косыгина, 2003.
14. Сергеев В.Т., Николаев С.Д., Сумарукова Р.И. Технология изготовления многослойной бикомпонентной ткани // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, №6. С. 81...85.
15. Кащеев О.В., Разумеев К.Э., Николаев С.Д. Разработка новых видов тканей для детской одежды // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, №2. С. 67...73.
16. Евсюкова Е.В. Разработка структуры и исследование свойств углеродных тканей для композитов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, №2. С. 74...77.
1. STO 50281518-026–2011. Tkan' "ScreenTex 240", art.89001. TU.
2. GOST 3813–72. Materialy tekstil'nye. Tkani i shtuchnye izdeliya. Metody opredeleniya razryvnyh harakteristik pri rastyazhenii.
3. GOST 18976–73. Tkani tekstil'nye. Metod opredeleniya stojkosti k istiraniyu.
4. GOST 3816–81. Polotna tekstil'nye. Metody opredeleniya gigroskopicheskikh i vodoottalkivayuwih svojstv.
5. GOST 30157.0–95. Polotna tekstil'nye. Metody opredeleniya izmeneniya razmerov posle mokryh obrabotok ili himicheskoy chistki. Obwie polozheniya.
6. GOST 30157.1–95. Polotna tekstil'nye. Metody opredeleniya izmeneniya razmerov posle mokryh obrabotok ili himicheskoy chistki. Rezhimy obrabotok.
7. Materialy tekstil'nye. Tkani, netkanye polotna i shtuchnye izdeliya. Metody opredeleniya linejnyh razmerov, linejnoj i poverhnostnoj plotnostej.
8. GOST ISO 1833–2001. Materialy tekstil'nye. Metody kolichestvennogo himicheskogo analiza dvuhkomponentnyh smesej volokon.
9. GOST 12088–77. Materialy tekstil'nye i izdeliya iz nih. Metod opredeleniya vozduhopronicaemosti.
10. ГОСТ 25617–83. Ткани и изделия: л'няные, полул'няные, хлопчатобумажные и смешанные. Методы химических испытаний.
11. GOST 12.4.172087 SSBT. Komplekt e'kraniruyuwij dlya zawity ot e'lektricheskikh polej promyshlennoj chastoty.
12. SanPiN 2.2.4.1191–03; TR TS 019.2011. Tehnicheskij reglament Tamozhennogo Soyuza "O bezopasnosti sredstv individual'noj zawity".
13. Nikolaev S.D., Martynova A.A., YUhin S.S., Vlasova N.A. Metody i sredstva issledovaniya tehnologicheskogo processa tkachestva. – M.: MGTU im.A.N.Kosygina, 2003.
14. Sergeev V.T., Nikolaev S.D., Sumarukova R.I. Tehnologiya izgotovleniya mnogoslujnoj bikomponentnoj tkani // Izv. vuzov. Tehnologiya tekstil'noj promyshlennosti. – 2012, №6. S. 81...85.
15. Kashheev O.V., Razumeev K.E., Nikolaev S.D. Razrabotka novyh vidov tkaney dlya detskoj odezhdy // Izv. vuzov. Tehnologiya tekstil'noj promyshlennosti. – 2013, №2. S. 67...73.
16. Evsyukova E.V. Razrabotka struktury i issledovanie svojstv uglerodnyh tkaney dlya kompozitov // Izv. vuzov. Tehnologiya tekstil'noj promyshlennosti. – 2013, №2. S. 74...77.

Рекомендована кафедрой ткачества. Поступила 26.09.14.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ПЕРЕПЛЕТЕНИЙ  
ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПОСТРОЕНИЯ ПЕРЕПЛЕТЕНИЙ  
ДВУХСЛОЙНЫХ ТКАНЕЙ С ПЕРЕХОДОМ НИТЕЙ ИЗ СЛОЯ В СЛОЙ**

**THE USE OF SUBSIDIARY INTERLACINGS  
FOR THE COMPUTER-AIDED CONSTRUCTION  
OF INTERWEAVING FOR TWO-LAYER FABRICS  
WITH TRANSITION OF FILAMENTS FROM LAYER TO LAYER**

*С.В. МАЛЕЦКАЯ, В.В. МАЛЕЦКИЙ*  
*S.V. MALETSKAYA, V.V. MALETSKIY*

(Дмитровградский инженерно-технологический институт  
(филиал) Национального исследовательского ядерного университета "МИФИ")  
(Dimitrovgrad Engineering Institute of Technology  
(branch) National Research Nuclear University "MIPHI")  
E-mail: msv50@mail.ru

*Статья содержит результаты разработки автоматизированного метода построения рисунков переплетений для выработки двухслойных тканей с переходом нитей из слоя в слой. Метод включает использование вспомогательных переплетений, значительно упрощающих алгоритм построения.*

*This article contains the results of the development of an automated method for constructing interlacings for manufacturing two-layer fabric with a transition yarns from layer to layer. The method involves the use of auxiliary interlacings that greatly simplify the algorithm for constructing.*

**Ключевые слова:** вспомогательные переплетения, двухслойная ткань с переходом нитей из слоя в слой, трехмерный массив.

**Keywords:** auxiliary weaving, two-layer fabric with a transition yarns from layer to layer, three-dimensional array.

Как известно, вспомогательные переплетения применяют для описания работы всех систем нитей, участвующих в формировании двухслойных тканей [1].

В образовании двухслойной ткани с переходом нитей из слоя в слой участвуют две системы основы и две системы утка, но идентифицируют их по-разному, в зависимости от вида нитей, осуществляющих переход.

Системы нитей, постоянно располагающиеся в соответствующих слоях, подразделяют на верхнюю и нижнюю, например, верхняя основа (ВО) и нижняя основа (НО), или верхний уток (ВУ) и нижний

уток (НУ). Системы, нити которых попеременно переходят из слоя в слой, формируя узор ткани, различают только по цвету, например, белая основа (БО) и красная основа (КО), или белый уток (БУ) и красный уток (КУ).

Для описания работы утка каждого цвета с нитями верхней основы (обозначена арабскими цифрами) и нижней основы (обозначена римскими цифрами) при образовании ткани с переходом утка из слоя в слой достаточно четырех вспомогательных переплетений с номерами, обозначенными с помощью переменной Z (рис.1).

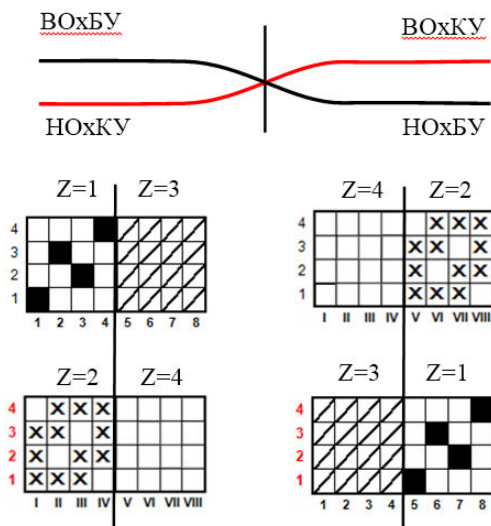


Рис. 1

Нити белого утка и верхней основы до перехода формируют верхний слой ткани ( $Z=1$ ), а после перехода нити белого утка, перешедшие в нижний слой, изолируют от нитей верхней основы ( $Z=3$ ). Нити белого утка до перехода изолированы от нитей нижней основы, расположенной в нижнем слое ( $Z=4$ ), а после перехода нити белого утка, переплетаясь с нитями нижней основы, формируют нижний слой ткани ( $Z=2$ ).

Аналогично показывают работу красного утка с нитями верхней и нижней основы.

Поскольку в узоре ткани получают два цветовых эффекта, в соответствии с цветом применяемой уточной пряжи, то общее количество вспомогательных переплетений равно восьми, но они повторяются, и для каждого цветового эффекта их по-прежнему четыре.

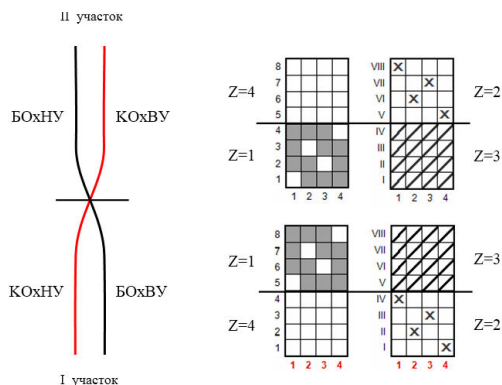


Рис. 2

Для демонстрации работы основы каждого цвета с нитями верхнего и нижнего утка, обозначенными соответственно арабскими и римскими цифрами, при образовании ткани с переходом основы из слоя в слой также достаточно четырех вспомогательных переплетений (рис. 2).

Вспомогательные переплетения, представляющие работу всех систем нитей, различающихся по цвету и участвующих в образовании двухслойной ткани с одновременным переходом нитей основы и утка из слоя в слой, показаны на рис. 3.

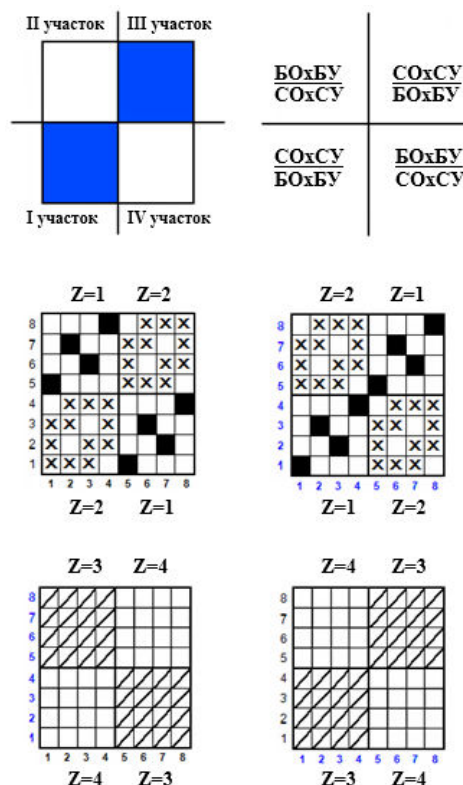


Рис. 3

Таким образом, для описания работы всех систем нитей, участвующих в получении двухслойной ткани с переходом любых нитей из слоя в слой, в пределах участка узора с одним цветовым эффектом, достаточно четырех вспомогательных переплетений. Для их формального представления при автоматизированном построении двухслойных тканей используют четыре матрицы ( $CP=4$ ) с размерами, определяемыми

величинами раппорта по утку (RU1) и раппорта по основе (RO1) исходного переплетения, помещенные в трехмерный массив PV\$(CP, RU1, RO1).

Матрица PV\$(1, RO1, RU1), показывающая переплетение верхнего слоя ткани, задается в соответствии с исходным переплетением.

Формирование второй матрицы PV\$(2, RO1, RU1), соответствующей переплетению нижнего слоя ткани, осуществляется инверсией элементов первой матрицы в направлении, зависящем от значения переменной VN, обозначающей систему нитей, переходящих из слоя в слой. Если переход из слоя в слой осуществляют нити основы (VN=2), то формирование матрицы осуществляется по строкам: элементы последней строки данной матрицы получают инверсией элементов первой строки матрицы PV\$(1, RO1, RU1), элементы предпоследней строки – инверсией элементов второй строки, и так далее. В остальных случаях (VN=1 и VN=3) формирование матрицы осуществляется по столбцам: элементы первого столбца данной матрицы представляют собой инверсию элементов последнего столбца матрицы PV\$(1, RO1, RU1), элементы второго столбца – инверсию элементов предпоследнего столбца, и так далее.

Третья матрица PV\$(3, RO1, RU1), состоящая из элементов "1", показывает активную изоляцию нитей верхней основы от нитей нижнего утка, а четвертая матрица PV\$(4, RO1, RU1), содержащая только нули, соответствует пассивной изоляции нижней основы от верхнего утка.

Алгоритм формирования матриц вспомогательных переплетений, показанный на рис. 4, состоит из пяти частей, имеющих циклическую структуру, две из которых организуют построение матрицы второго вспомогательного переплетения с учетом направления формирования.

В случае использования вспомогательных переплетений алгоритм автоматизированного построения переплетения двухслойной ткани значительно упрощается и

сводится к считыванию с них информации о каждом перекрытии двухслойной ткани.

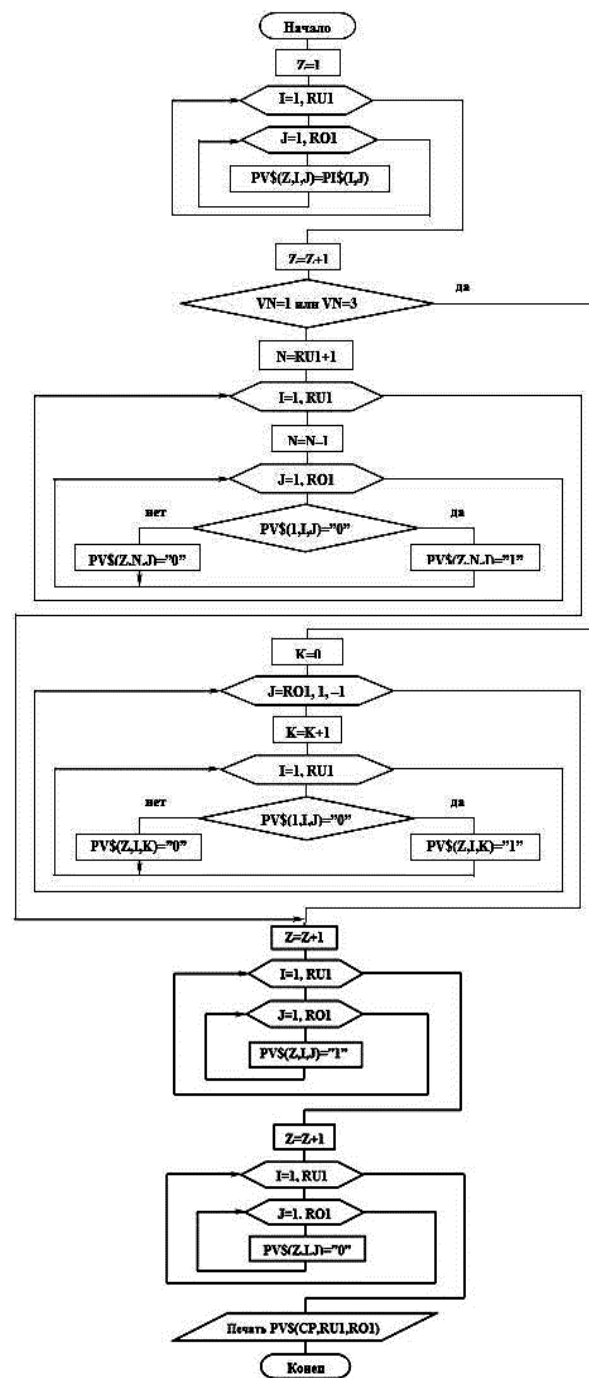


Рис. 4

Пример построения переплетения двухслойной ткани с одновременным переходом основы и утка из слоя в слой показан на рис. 5, где а) – вспомогательные переплетения; б) – схемы переплетений, в которых перекрытия показаны номерами вспомогательных переплетений, применяемых для их построения; в) – рисунки перепле-



белого цвета. Аналогично разделяют по цвету и уточные нити.

Участок узора на лицевой и изнаночной поверхности ткани окрашивается цветом нитей, переплетающихся соответственно в верхнем и нижнем слое ткани.

В случае автоматизированного построения переплетения двухслойной ткани с переходом нитей из слоя в слой строки и столбцы матрицы, представляющей раппорт двухслойной ткани, также разделяют на четные и нечетные, при этом следует учесть, что нумерация уточных нитей и строк матрицы не совпадает.

## ВЫВОДЫ

1. Предложена методика использования вспомогательных переплетений для автоматизированного построения рисунков переплетений двухслойных тканей с переходом любых нитей из слоя в слой, позволяющая значительно упростить алгоритм построения.

2. Разработан алгоритм формирования вспомогательных переплетений с учетом вида нитей, осуществляющих переход.

3. Разработан принцип считывания информации о виде перекрытий, расположенных в рисунке переплетения двухслойной ткани данной структуры, при его автоматизированном построении.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Малецкая С.В., Мелюшкин К.В. Использование трехмерного массива при автоматизированном построении переплетения двухслойной ткани // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2007, №4. С.98...100.

## REFERENCES

1. Maleckaja S.V., Meljushkin K.V. Ispol'zovanie trehmernogo massiva pri avtomatizirovannom postroenii perepleteniya dvuhslojnoj tkani // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2007, №4. S.98...100.

Рекомендована кафедрой технологии и конструирования. Поступила 18.11.14.

УДК 677.023

## РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТКАНИ, ОБЛАДАЮЩЕЙ ВИБРОЗАЩИТНЫМИ СВОЙСТВАМИ

## DEVELOPMENT OF MANUFACTURING TECHNIQUES OF FABRIC, POSSESSING VIBROPROTECTIVE PROPERTIES

С.С. ЮХИН, М.В. НАЗАРОВА, С.Ю. БОЙКО  
S.S. YUKHIN, M.V. NAZAROVA, S.YU. BOYKO

(Московский государственный университет дизайна и технологии,  
Камышинский технологический институт (филиал)  
Волгоградского государственного технического университета)  
(Moscow State University of Design and Technology,  
Kamyshin Technological Institute (branch)  
Volgograd State Technical University)  
E-mail: ttp@kti.ru

*В статье представлены результаты исследований по разработке технологии изготовления ткани, обладающей виброзащитными свойствами.*

*В результате проведенных расчетов при проектировании конструкционного материала с виброзащитными свойствами установлены параметры виброизолятора, обеспечивающие необходимую величину погашения вибрации. На основе выбранной математической модели разработана ме-*



*тодика проектирования и алгоритм расчета параметров ткани, выработанной на ткацком станке, обладающей виброзащитными свойствами.*

*Results of researches on development of manufacturing techniques of the fabric possessing vibroprotective properties are presented in article.*

*As a result of the carried-out calculations at design of constructional material with vibroprotective properties the vibroinsulator parameters providing the necessary size of repayment of vibration are established. On the basis of the chosen mathematical model the technique of design and algorithm of calculation of parameters of the fabric developed on the weaving loom, possessing vibroprotective properties is developed.*

**Ключевые слова:** основоворсовая ткань, виброизолятор.

**Keywords:** two-layer fleecy fabric, vibroinsulator.

В настоящее время на текстильных предприятиях особое внимание уделяется расширению ассортимента тканей специального назначения, применяемых в различных отраслях промышленности. На российских предприятиях, особенно в металлообрабатывающей, машиностроительной, металлургической, строительной отраслях, среди профессиональных заболеваний ведущее место занимает вибрационная патология. В связи с этим проблема профилактики неблагоприятного влияния производственных вибраций на работающих – одна из актуальнейших в медицине труда.

К числу наиболее опасных источников локальной вибрации относится ручной механизированный инструмент ударного, ударно-вращательного и вращательного действия.

Поэтому в данной работе решается актуальная для промышленности задача разработки ткани, предназначенной для изготовления спецодежды, обладающей такими свойствами, как виброустойчивость и высокая прочность.

Анализ литературных источников свидетельствует о большом количестве работ, посвященных методам проектирования, расчета и оптимизации тканей. Однако установлено, что из всего многообразия работ, связанных с созданием виброизолирующих устройств, методов и средств защиты от воздействия вибрации, исследо-

ваний конструкционного материала, обладающего виброзащитными свойствами, на основе ткани, проведено недостаточно. Анализ работ, посвященных методам проектирования основоворсовых тканей по заданным свойствам, показал, что при разработке методов проектирования тканей не учитывались такие важные эксплуатационные свойства ткани, как теплопроводность и виброустойчивость.

Следовательно, решение проблемы разработки метода проектирования и расчета ткани по виброустойчивости своевременно и актуально.

В качестве виброизолирующего материала предлагается использовать неразрезную двухполотенную основоворсовую ткань, вырабатываемую на ткацких станках ТВ-160- ШЛ2 [3]. В исследуемой ткани переплетение грунта ткани, то есть переплетение коренной основы с утком – репс основной 2/2, соотношение между коренной основой верхнего полотна, коренной основой нижнего полотна, ворсовой основой равно 1:1:1. Ворсовая основа закрепляется в ткани одной уточной нитью. Раппорт переплетения ткани по основе  $R_o=6$ , и по утку  $R_y=8$ .

Предлагаемая для погашения вибрации ткань представляет собой конструкционную систему, состоящую условно из двух слоев, соединенных поперечными нитями или стойками.

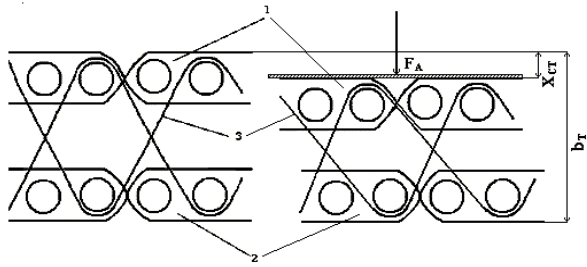


Рис. 1

На рис. 1 схематически представлен конструкционный материал, обладающий виброзащитными свойствами: 1 – верхний слой конструкционного материала; 2 – нижний слой конструкционного материала; 3 – поперечные стойки, соединяющие два слоя;  $F_A$  – величина возмущающей силы, Н;  $x_{ст}$  – величина статической осадки под действием возмущающей силы (веса виброинструмента и усилий оператора при выполнении работ), мм;  $b_t$  – толщина виброизоляционного слоя или конструкционного материала в свободном состоянии, мм.

Выбор исходных данных для разрабатываемого метода проектирования ткани по виброустойчивости обусловлен результатами исследований [1] и гигиеническими нормами вибрации для человека. Это – масса виброинструмента  $m \leq 5 \dots 20$  кг, возбуждающая сила  $F_a \leq 100 \dots 200$  Н, угловая частота вынуждающей силы  $f \leq 200$  Гц, толщина виброизоляционного слоя в свободном состоянии  $b_t$  до 10 мм, статическая осадка под действием веса виброинструмента и усилий оператора при выполнении работ  $x_{ст} = (0,01 \dots 0,5)b_t$ , в зависимости от используемого демпфирующего элемента.

Для проектирования такого конструкционного материала необходимо выбрать математическую модель механической системы. В качестве модели вибрационной системы мы приняли линейную систему с одной степенью свободы (рис. 2). Инерционный элемент 1 системы, имеющий массу  $m$ , движется по прямолинейной траектории в идеальных направляющих 2 вдоль оси ОХ. Элемент 1 системы соединен посредством виброизоляционного элемента модели (конструкционного материала) с защищаемым объектом 3 (оператором).

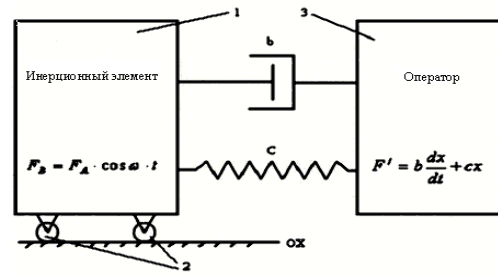


Рис. 2

На основе анализа выбранной модели вибрационной системы разработана методика проектирования и алгоритм расчета параметров ткани, обладающей виброзащитными свойствами.

Алгоритм проектирования ткани с виброзащитными свойствами включает 2 этапа.

1. Расчет виброизолятора для создания конструкционного материала с виброзащитными свойствами.

2. Проектирование ткани, обладающей виброзащитными свойствами, на основе расчета виброизолятора.

Целью первого этапа проектирования является определение параметров виброизолятора. При расчете параметров виброизолятора использовано следующее соотношение:

$$\frac{d^2x}{dt^2} + 2h \frac{dx}{dt} + \omega_0^2 x = \frac{F_A}{m} \cos \omega t, \quad (1)$$

где  $F_A$  – вынуждающая внешняя сила;  $m$  – масса инерционного элемента;  $x$  – координата инерционного элемента, отсчитываемая от положения устойчивого равновесия:

$$x = x_A \sin(\omega t + \phi), \quad (2)$$

где  $x_A$  – амплитуда  $x$ ;  $t$  – время;  $\omega$  – угловая частота колебаний;  $\phi$  – начальная фаза.

$$h = \frac{b}{2m}; \quad \omega_0 = \sqrt{\frac{c}{m}}, \quad (3)$$

где  $h$  – коэффициент демпфирования;  $b$  – сопротивление демпфера;  $\omega_0$  – собственная угловая частота недемпфированной системы;  $c$  – жесткость пружины.

В результате проведения математических преобразований формулы (1) и расче-

та безразмерных параметров виброизолятора получаем формулу для расчета коэффициента передачи силы:

$$K_F = \sqrt{\frac{1 + 4\beta^2\gamma^2}{(1 - \gamma^2)^2 + 4b^2\gamma^2}}. \quad (4)$$

$$\gamma = \sqrt{1 + 2\beta^2 \left( \frac{1}{K_F} - 1 \right) + \sqrt{\left[ 1 + 2\beta^2 \left( \frac{1}{K_F} - 1 \right) \right]^2 + \frac{1}{K_F^2}} - 1}. \quad (5)$$

С использованием ЭВМ в среде программирования MathCad были выполнены необходимые расчеты для построения частотной характеристики коэффициента передачи силы и установлены параметры виброизолятора, обеспечивающие необходимую величину погашения вибрации [4].

Методика расчета виброизолятора выглядит следующим образом.

1. Принимаем толщину (вертикальные размеры) виброизолятора  $b_t$ , мм.

2. Определяем коэффициент жесткости виброизолятора. Как видно из рис. 1, жесткость или устойчивость данного конструкционного материала к внешним воздействиям будет зависеть от количества поперечных нитей или стоек на единице площади. Жесткость, в свою очередь, связана линейной зависимостью с усилием, прилагаемым к материалу. Коэффициент жесткости виброизолятора определяется по формуле:

$$C = \frac{F_A}{x_{ст}}, \quad (6)$$

где  $F_A$  – максимальное усилие, Н;  $x_{ст}$  – допустимое значение статической осадки, мм.

Из формулы (6) видно, что чем выше жесткость материала, тем лучше происходит сопротивление виброизолятора внешним воздействиям.

3. Уточняем коэффициент передачи силы с учетом соотношения частоты возмущающей силы  $f$  и собственной частоты системы  $f_0$ :

$$K_F = \frac{F'_a}{F_a} = \frac{1}{1 - \left( \frac{f}{f_0} \right)^2}. \quad (7)$$

Задаваясь необходимым значением коэффициента передачи силы, решаем равенство (5) относительно коэффициента  $\gamma$ , показывающего соотношение угловой частоты колебаний возмущающей силы к собственной угловой частоте недемпфированной системы:

4. Собственная частота системы определяется по формуле:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{c}{m}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{Pg}{x_{ст}P}} \cong \frac{0,5}{\sqrt{x_{ст}}}. \quad (8)$$

5. Определяем площадь поверхности виброизолятора  $S_a$  по формуле:

$$S_a = \frac{10^3 F_a}{\sigma}, \quad (9)$$

где  $\sigma$  – нормальное напряжение, возникающее в виброизоляторе.

В результате второго этапа проектирования виброизолятора на основе неразрезной двухполотенной основоворсовой ткани по заданным поверхностной плотности и толщине установлено, что в исследуемой ткани густота ворса (количество стоек на  $\text{см}^2$ ) составляет  $K_c = 274$  стоек/ $\text{см}^2$ , толщина ткани  $b_t = 7,62$  мм, высота ворсовой основы  $h = 6,96$  мм, количество нитей коренной основы в верхнем и нижнем полотнах и ворсовой основы составляет  $n_{ок} = 6004$  нитей,  $n_{ов} = 3002$  нитей. По полученным данным производим заправочный расчет исследуемой ткани [2]. Разработанную неразрезную двухполотенную основоворсовую ткань рекомендуется использовать для изготовления защитных материалов при работе с ручным инструментом.

## ВЫВОДЫ

1. На основе выбранной математической модели разработана методика проектирования и алгоритм расчета параметров ткани, обладающей виброзащитными свойствами.

2. По разработанной методике произведен расчет параметров выработки двухполотенной основоворсовой ткани на станке ТВ-160-ШЛ2.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Фролов К.В. Уменьшение амплитуды колебаний резонансных систем путем управляемого применения параметров. – М.: Машиностроение, 1965.
2. Назарова М.В., Бойко С.Ю. Разработка метода проектирования ткани для защиты человека от внешних воздействий // Современные проблемы науки и образования. – 2010, №6. С.75...79.
3. Назарова М.В., Бойко С.Ю. О возможности выработки на отечественном ткацком оборудовании технических тканей, обладающих виброзащитными свойствами // Современные проблемы науки и образования. – 2010, №6. С.80...82.
4. Назарова М.В., Бойко С.Ю. Исследования влияния заправочных параметров ткацкого станка при выработке основоворсовой ткани на ее виброустойчивость // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014, №9 (часть 2). С.21...24.

#### REFERENCES

1. Frolov K.V. Umen'shenie amplitudy kolebanij rezonansnyh sistem putem upravljajemogo primeneniya parametrov. – M.: Mashinostroenie, 1965.
2. Nazarova M.V., Bojko S.Ju. Razrabotka metoda proektirovaniya tkani dlja zashhity cheloveka ot vnesnih vozdeystvij // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. – 2010, №6. S.75...79.
3. Nazarova M.V., Bojko S.Ju. O vozmozhnosti vyrabotki na otechestvennom tkackom oborudovanii tehniceskikh tkanej, obladajushhih vibrozashhitnymi svojstvami // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. – 2010, №6. S.80...82.
4. Nazarova M.V., Bojko S.Ju. Issledovaniya vlijaniya zapravochny parametrov tkackogo stanaka pri vyrabotke osnovovorsovoj tkani na ee vibroustojchivost' // Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij. – 2014, №9 (chast' 2). S.21...24.

Рекомендована кафедрой технологии текстильного производства. Поступила 01.12.14.

УДК 677.074.166.001

### КЛАССИФИКАЦИЯ МНОГОСЛОЙНЫХ ПЕРЕПЛЕТЕНИЙ ТКАНЫХ ИЗДЕЛИЙ ПО ЧИСЛУ СЛОЕВ И СПОСОБУ ИХ СОЕДИНЕНИЯ

### CLASSIFICATION OF LAYERED WEAVES OF WOVEN PRODUCTS ACCORDING TO THE NUMBER OF LAYERS AND THE WAY THEY ARE CONNECTED

*С.Г. КЕРИМОВ, А.В. ПОСТНИКОВ*  
*S.G. KERIMOV, A.V. POSTNIKOV*

(Научно-исследовательский институт технических тканей, г. Ярославль,  
Ивановский государственный политехнический университет)  
(Research Institute of Technical Fabrics, Yaroslavl,  
Ivanovo State Polytechnical University)  
E-mail: niitt@rambler.ru, info@igta.ru

*Предложена новая классификация многослойных переплетений тканых изделий по числу слоев и способу их соединения между собой.*

*A new classification of layered weaves of woven products according to the number of layers and how they interconnect.*

**Ключевые слова:** ткацкие переплетения, многослойные ткани, соединение слоев, нити основы, нити утка, раппорт переплетения.

**Keywords:** weaving multilayer woven fabrics, link layers, warp, weft yarns, woven rapport.

Из всего многообразия ткацких переплетений, используемых при производстве тканых изделий технического и специального назначения, особое место занимают многослойные переплетения. Многослойные тканые изделия – ткани и тканые ленты слойностью от 2-х до 6 – широко используются в текстильных материалах технического и бытового назначения. Они обладают большой прочностью, толще и тяжелее обычных однослойных тканых изделий. Многослойные переплетения широко применяются для выработки технических тканей и тканых лент специального назначения (например, силовые ленты, приводные ремни, транспортные ленты, кирза, технические сукна и т.д.). Под слойностью понимают число независимых, одинаковых по переплетению и структуре отдельных слоев тканых изделий, соединенных в единое тканое изделие определенным способом.

В практике современного ткачества применяют несколько способов классификации многослойных переплетений. В этих классификациях основным критерием, характеризующим многослойное переплетение, служит слойность и вид переплетения [1..4]. Поэтому при оценке нескольких совершенно одинаковых по построению тканых изделий, отличающихся только слойностью, они классифицировались по-разному, что приводило к практическим ошибкам.

Авторами работы предложено многослойные переплетения тканых изделий, составляющих их слоев, классифицировать по числу слоев и способу их соединения.

На рис. 1 показана классификационная схема многослойных переплетений, базирующаяся на способе соединения слоев, а в табл. 1 приведены минимальные раппорты многослойных ткацких переплетений

различной слойности, от 2-х до 6 включительно.

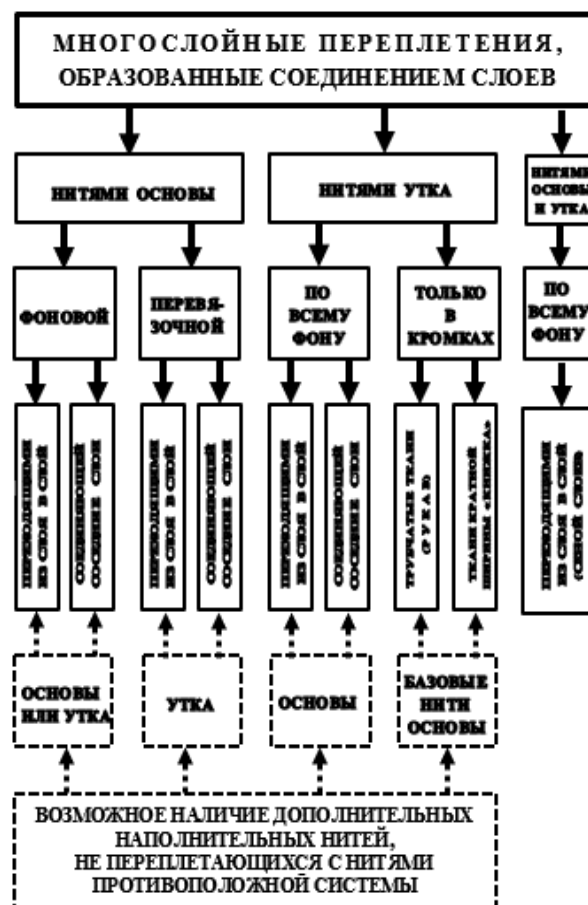


Рис. 1

Показатели физико-механических и эксплуатационных свойств многослойных тканых изделий в основном предопределяются сырьевым составом и параметрами строения. Основными структурно-геометрическими параметрами, характеризующими многослойные тканые изделия, являются вид переплетения слоев, их количество или слойность, а также способ и порядок соединения отдельных слоев в монолитное изделие. В качестве переплетения исходных слоев чаще всего используется полотняное. Иногда в слоях применяются и другие виды переплетений: репс основной и уточный, саржа, рогожка, са-

тин 4-ниточный. Кроме фоновых нитей основы и утка, образующих конструкцию, многослойные переплетения могут дополнительно содержать наполнительные нити

основы или утка, располагаемые в тканом изделии прямолинейно, без переплетения с нитями противоположной системы.

Т а б л и ц а 1

Способ и порядок соединения слоев многослойного тканого изделия			Наличие наполнительных нитей		Минимальный раппорт тканого изделия									
					по основе при слойности					по утку при слойности				
			основы	утка	2	3	4	5	6	2	3	4	5	6
Нитями основы	фоновой	переходящей из слоя в слой	-	-	4	6	8	10	12	8	18	32	50	72
			+	-	6	8	10	12	14	8	18	32	50	72
		-	+	4	6	8	10	12	8	18	32	50	72	
	соединяющей соседние слои	-	-	-	6	8	10	12	-	12	16	20	24	
		+	-	-	8	10	12	14	-	12	16	20	24	
		-	+	-	6	8	10	12	-	12	16	20	24	
перевязочной	переходящей из слоя в слой	нет	-	-	6	8	10	12	14	4	6	8	10	12
			+	-	6	8	10	12	14	4	6	8	10	12
	соединяющей соседние слои	нет	-	-	8	10	12	14	-	6	8	10	12	
			+	-	8	10	12	14	-	6	8	10	12	
Нитями утка	по фону	переходящей из слоя в слой	-	нет	8	18	32	50	72	4	6	8	-	-
			+		8	18	32	50	72	4	6	8	-	-
		соединяющей соседние слои	-	нет	-	18	32	50	72	-	6	8	10	12
			+		-	18	32	50	72	-	6	8	10	12
	перевязка слоев во всех четных кромках ("рукав")	-	нет	4	6	8	10	12	4	6	8	10	12	
		+		4	6	8	10	12	4	6	8	10	12	
		-		нет	4	6	8	10	12	4	6	8	10	12
		+			4	6	8	10	12	4	6	8	10	12

Наполнительные нити основы используют в тканом изделии в качестве почти прямолинейной (без уработки) силовой основы, воспринимающей без удлинения растягивающую нагрузку, при этом фоновые основа и уток, как правило, образуют тканый каркас, между нитями которого и располагаются наполнительные нити. В этом случае плотность (количество) наполнительной основы превышает плотность фоновой от 1,5 до 4-х и более раз.

Наполнительные нити утка располагаются в изделии прямолинейно, не переплетаясь с нитями основы, и предназначены в основном для повышения технологической плотности, а следовательно, и для повышения разрывной нагрузки по утку и наполненности ткани в целом.

Соединение слоев всеми нитями фоновой утка производится переходом из слоя

в слой или путем соединения части слоев (чаще 2...3 соседних слоя), с обязательным перекрывающим размахом.

Соединение слоев многослойных тканых изделий нитями дополнительной "прошивной" основы имеет как отрицательный фактор, обуславливающийся нерациональным использованием сырья (в конструкции тканого изделия используется дополнительная компонентная основа, не воспринимающая нагрузку), так и положительное свойство, заключающееся в том, что такое тканое изделие имеет минимальный раппорт по утку, равный суммарному раппорту всех составляющих слоев, что очень существенно для ткацкого оборудования с низкими технологическими возможностями.

Особое место занимают многослойные тканые изделия, в которых слои соединены

только в кромках, и в зависимости от порядка соединения делятся на трубчатые (рукавные) и тканые изделия кратной ширины ("книжки"). Выработка тканых изделий "книжкой" производится в случаях, когда необходимо получить широкое полотно на челночном ткацком станке, заправочная ширина которого меньше необходимой. Аналогично поступают при изготовлении на узком ткацком станке рукавной ткани, когда полупериметр рукава больше заправочной ширины станка.

Предложенная классификация многослойных переплетений успешно используется в ОАО "НИИТТ" при построении, проектировании и анализе структур многослойных тканых изделий технического и специального назначения [5].

## ВЫВОДЫ

Предложена новая версия многоступенчатой универсальной классификации многослойных переплетений тканых изделий по способу и порядку соединения в них слоев. Составлена блок-схема, поясняющая новую классификацию. Рассчитаны минимальные раппорты по основе и утку ткацких переплетений слойностью от 2-х до 6.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Селиванов Г.И. Построение многослойных технических тканей // Научн.-исслед. тр. МТИ. Т.12, 1954. С. 25...38.

2. Ломов С.В. Автоматизированный расчет строения многослойных тканых структур (Сообщ. 1) // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1993, № 1. С.40...45.

3. Ломов С.В. Автоматизированный расчет строения многослойных тканых структур (Сообщ. 2) // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1993, № 2. С. 47...50.

4. Ломов С.В. Автоматизированный расчет строения многослойных тканых структур (Сообщ. 3) // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1993, № 3. С.43...50.

5. Керимов С.Г., Попов Л.Н. Производство технических тканей. – М.: Легпромбытиздат, 1994. С.170...192.

## REFERENCES

1. Selivanov G.I. Postroenie mnogoslujnyh tehniceskikh tkanej // Nauchn.-issled. tr. MTI. T.12, 1954. S. 25...38.

2. Lomov S.V. Avtomatizirovannyj raschet stroenija mnogoslujnyh tkanyh struktur (Soobshh. 1) // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 1993, № 1. S.40...45.

3. Lomov S.V. Avtomatizirovannyj raschet stroenija mnogoslujnyh tkanyh struktur (Soobshh. 2) // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 1993, № 2. S. 47...50.

4. Lomov S.V. Avtomatizirovannyj raschet stroenija mnogoslujnyh tkanyh struktur (Soobshh. 3) // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 1993, № 3. S.43...50.

5. Kerimov S.G., Popov L.N. Proizvodstvo tehniceskikh tkanej. – M.: Legprombytizdat, 1994. S.170...192.

Рекомендована кафедрой автомобилей и автомобильного хозяйства. Поступила 29.12.14.

**АССОРТИМЕНТНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ  
ПОДГОТОВКИ ОСНОВ К ТКАЧЕСТВУ  
НА СНОВАЛЬНО-ШЛИХТОВАЛЬНОМ АГРЕГАТЕ**

**ASSORTIMENT OPPORTUNITIES  
OF PREPARATION OF BASES FOR WEAVING  
ON WARPING AND DRESSING UNIT**

*В.Л. МАХОВЕР, Т.В. СМЕРНОВА*  
*V.L. MAKHOVER, T.V. SMIRNOVA*

(Ивановский государственный политехнический университет)  
(Ivanovo State Polytechnical University)  
E-mail: ttp@ivgpu.com

*Рассмотрены технологические условия повышения ассортиментных возможностей вырабатываемых тканей с применением сокращенной технологии подготовки основ к ткачеству на сновально-шлихтовальном агрегате.*

*Technological conditions of increase the assortmentnykh of opportunities of the developed fabrics with application of the reduced technology of preparation of bases for weaving are considered on warping and dressing unit.*

**Ключевые слова:** подготовка основ к ткачеству, сокращенная технология, сновально-шлихтовальный агрегат, ассортиментные возможности, ткацкие станки.

**Keywords:** preparation of bases for weaving, the reduced technology, the warping and dressing unit, assortment opportunities, weaving looms.

Формирование ткацких навоев на сновально-шлихтовальном агрегате [1] осуществляется путем сматывания нитей с бобин шпулярика и одного сновального вала. При этом происходит частичное сокращение процесса снования пряжи [2] по сравнению с обычной (классической) технологией подготовки основ к ткачеству.

Анализ [2] показывает, что число  $m_0$  нитей основы на ткацком навое сновально-шлихтовального агрегата ограничено допустимой емкостью  $K_{\text{доп}}$  шпулярика агрегата и зависит от процента  $\delta_{\text{сокр}}$  сокращения процесса партионного снования. Действительно, из условия (6) с учетом (3) из [2] имеем:

$$m_0 \leq \frac{K_{\text{доп}}}{0,01 \delta_{\text{сокр}}}, \quad (1)$$

где  $\delta_{\text{сокр}} \neq 0$ .

С целью определения ассортиментных возможностей сновально-шлихтовального агрегата рассмотрим более подробно взаимосвязь между параметрами  $m_0$ ,  $K_{\text{доп}}$  и  $\delta_{\text{сокр}}$ .

Предварительно заметим, что согласно [2]:

$$m'_c = 0,01 \delta_{\text{сн}} m_0, \quad (2)$$

$$m_c = 0,01 \delta_{\text{сокр}} m_0, \quad (3)$$

где  $m'_c$ ,  $m_c$  и  $\delta_{\text{сн}}$  – соответственно число нитей в шпулярике сновальной машины, в шпулярике агрегата и процент присутствия сновки (процент  $m'_c$  от  $m_0$ ).

Для предотвращения чрезмерной бугристости намотки пряжи на сновальном валу расстояние между соседними нитями при сновке не должно превышать  $\delta_{\text{max}} = 5$  мм [2], [3]. Тогда при рассадке



фланцев сновального вала  $H_B = 1400$  мм (машина типа СП-140-4) условие (7) [2] будет:

$$m'_c \geq H_B / \delta_{\max} = 1400 / 5 = 280 \text{ нитей. (4)}$$

Или, после подстановки сюда формулы (2), получим:

$$\delta_{\text{сн}} \geq \frac{28000}{m_o}, \% \quad (5)$$

С помощью этого неравенства для разного числа  $m_o$  нитей на ткацком навое можно рассчитать границы возможных значений  $\delta_{\text{сн}}$ . Затем по формулам (2) и (3), с учетом того, что  $\delta_{\text{сн}} + \delta_{\text{сокp}} = 100$  и  $m'_c + m_c = m_o$ , легко определяются граничные значения остальных параметров.

Результаты таких расчетов, проведенных нами при разном числе нитей на ткацком навое, представлены в табл. 1.

Таблица 1

$m_o =$	1000	1500	2000	2500
$\delta_{\text{сн}} \geq$	28	18,7	14,0	11,2
$\delta_{\text{сокp}} \leq$	72	81,3	86,0	88,8
$m_c \leq$	720	1220	1720	2220
$m'_c \geq$	280	280	280	280

Для заданного количества  $m_o$  нитей на ткацком навое с помощью этой таблицы можно принять допустимые величины сокращения  $\delta_{\text{сокp}}$  и присутствия  $\delta_{\text{сн}}$  ( $\delta_{\text{сн}} = 100 - \delta_{\text{сокp}}$ ) процесса партионного снования. Затем по формулам (2) и (3) рассчитываются число нитей  $m_c$  и  $m'_c$ . Результаты таких расчетов приведены в табл. 2.

Таблица 2

$m_o = 1000$				$m_o = 1500$			
$\delta_{\text{сокp}}, \%$	$\delta_{\text{сн}}, \%$	$m_c$	$m'_c$	$\delta_{\text{сокp}}, \%$	$\delta_{\text{сн}}, \%$	$m_c$	$m'_c$
70	30	700	300	80	20	1200	300
65	35	650	350	70	30	1050	450
60	40	600	400	60	40	900	600
50	50	500	500	50	50	750	750
$m_o = 2000$				$m_o = 2500$			
$\delta_{\text{сокp}}, \%$	$\delta_{\text{сн}}, \%$	$m_c$	$m'_c$	$\delta_{\text{сокp}}, \%$	$\delta_{\text{сн}}, \%$	$m_c$	$m'_c$
85	15	1700	300	85	15	2125	375
80	20	1600	400	80	20	2000	500
70	30	1400	600	70	30	1750	750
60	40	1200	800	60	40	1500	1000
50	50	1000	1000	50	50	1250	1250

На рис. 1 приведены графики, построенные по данным табл. 2. Согласно (6) [2] допустимая емкость шпулярника агрегата  $K_{\text{доп}}$  принята равной расчетному числу нитей  $m_c$ .

Графики на рис. 1 наглядно показывают, что с увеличением количества нитей  $m_o$  ткацкого навоя допустимая емкость  $K_{\text{доп}}$  шпулярника на агрегате линейно возрастает при любой степени сокращения  $\delta_{\text{сокp}}$  процесса партионного снования. Причем с увеличением процента сокращения  $\delta_{\text{сокp}}$  допустимая емкость шпулярника на агрегате возрастает при любом заданном количестве нитей на ткацком навое.

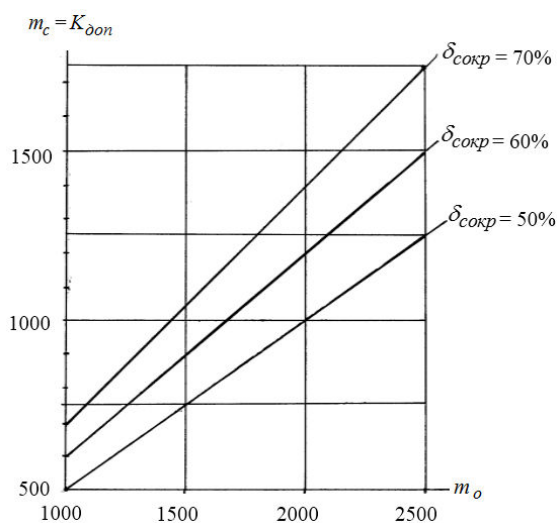


Рис.1

Рис. 1 можно рассматривать в качестве номограммы, из которой видно, например, что емкость шпулярника на агрегате в 1000 бобин обеспечит процент сокращения процесса снования на 50% и более, если число нитей на ткацком навое будет  $m_0 \leq 2000$ . При большем числе нитей  $m_0$  существенно возрастает емкость шпулярника агрегата, что усложняет его обслуживание.

Заметим, что сокращать процесс снования менее чем на 50% ( $\delta_{\text{сокр}} < 50\%$ ) нецелесообразно [2], так как при снижении емкости шпулярника агрегата существенно возрастает емкость шпулярника для подготовки сновального вала на машине типа СП-140-4.

Таким образом, ассортимент вырабатываемых тканей при подготовке основ с

применением сновально-шлихтовального агрегата ограничивается числом нитей на ткацком навое  $m_0 \leq 2000$ , что при ширине заправки ткацкого станка  $B_3 \geq 90$  см соответствует плотности ткани по основе  $P_0 \leq 220$  нитей/дм.

С учетом ограничений на допустимую емкость шпулярника агрегата данная технология может быть использована при выработке тканей в одно полотно с двух ткацких навоев на современных отечественных ткацких станках типа СТБУ и станках передовых зарубежных фирм с максимальной шириной заправки ткани по берду от 220 до 280 см. Параметры таких станков, взятые из различных источников, приведены в табл. 3.

Т а б л и ц а 3

Ткацкие станки	Максимальная ширина заправки по берду, см	Диаметры фланцев ткацкого навоя, мм	Диаметр ствола навоя, мм	Частота вращения главного вала, мин <sup>-1</sup>
СТБУ	220, 250, 280	600, 700, 800	155	310...325
Дорнье (Германия): -модели PS с жесткими рапирами -модели AS-пневматические	220, 230, 240, 250, 260, 280	800, 1000 800, 1000	180 180	530 до 700
Зульцер Рюти (Швейцария): -модели F с гибкими рапирами -модели L-пневматические	220, 230, 240, 280 220, 250, 280	700, 800, 900 700, 800, 900	175 175	280...330 600
Омни Плюс Пиканоль (Бельгия) пневматические	220, 250, 280	800, 1000	155	до 1100
GTM-A Пиканоль с гибкими рапирами	220, 240, 280	805, 1000	155	350...400
PAT-A Пиканоль пневматические	240, 280	805, 1000	155	800...900

На таких станках за счет увеличения вдвое количества нитей основы возрастает и ассортимент вырабатываемых тканей по сокращенной технологии. Если, например, число нитей в полотне основы будет  $M_0 \leq 4000$ , то на ткацком навое сновально-шлихтовального агрегата их будет  $m_0 = M_0 / 2 \leq 2000$ .

Возможность формировать сновальные валы для сновально-шлихтовального агрегата из нитей, отличных от бобин шпулярника, также позволит существенно расширить ассортимент вырабатываемых тканей.

## В Ы В О Д Ы

Даны обоснованные рекомендации по расширению ассортимента возможностей подготовки основ к ткачеству на сновально-шлихтовальном агрегате.

## Л И Т Е Р А Т У Р А

1. А.с. 1541320 СССР, МКИ ДОБВ 3/06//ДО2Н1/00. Устройство для приготовления основных нитей к ткачеству/Ерохин Ю.Ф., Маховер В.Л., Гарелин В.Н. – Оpubл. 07.02.90, БИ № 5.

2. Смирнова Т.В., Маховер В.Л. Оценка величины сокращения процесса партионного снования при подготовке основ с применением сновально-шлихтовального агрегата // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, № 1. С. 63...66.

3. Паникратов С.К. Влияние нецилиндричности намотки основных паковок на процесс ткачества: Дис...канд. техн. наук. – Иваново: ИВТИ им. М.В. Фрунзе, 1990.

#### REFERENCES

1. А.с. 1541320 SSSR, МКІ DO6V 3/06//DO2N1/00. Ustrojstvo dlja prigotovlenija osnov-

nyh nitej k tkachestvu/Erohin Ju.F., Mahover V.L., Garelin V.N. – Opubl. 07.02.90, ВІ № 5.

2. Smirnova T.V., Mahover V.L. Ocenka velichiny sokrashhenija processa partionnogo snovanija pri podgotovke osnov s primeneniem snoval'no-shlihtoval'nogo agregata // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2012, № 1. S. 63...66.

3. Panikratov S.K. Vlijanie necilindrichnosti namotki osnovnyh pakovok na process tkachestva: Dis...kand. tehn. nauk. – Ivanovo: IvTI im. M.V. Frunze, 1990.

Рекомендована кафедрой технологии и проектирования текстильных изделий. Поступила 12.05.15.

УДК 677.023.758

## ОБОСНОВАНИЕ РЕЖИМОВ ПОЛУЧЕНИЯ СЕРИЦИНА В ВИДЕ ПОРОШКА ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ШЛИХТЫ

### JUSTIFICATION RECEIVE MODE AS SERICIN POWDER FOR DRESSING

*А.Б. ИШМАТОВ, З.А. ЯМИНОВА, П.Н. РУДОВСКИЙ*  
*A.B. ISHMATOV, Z.A. YAMINOVA, P.N. RUDOVSKY*

(Технологический университет Таджикистана,  
Костромской государственный технологический университет)  
(Technological University of Tajikistan,  
Kostroma State Technological University)  
E-mail: ksu@ksu.edu.ru; dm-rk-3@yandex.ru

*Приведены результаты экспериментальной проверки разработанной технологии получения порошка из экстракта шелковых отходов шелкомотальных производств Республики Таджикистан. Проведены испытания полученного порошка в производственных условиях для шлихтования хлопчатобумажных основ. Определены рациональные технологические параметры получения и применения порошка серицина.*

*The results of experimental verification of the developed technology for producing a powder from the extract waste silk filature production of Tajikistan. The tests of the resulting powder in a production environment for sizing cotton basics. The rational technological parameters of the production and application of powder sericin.*

**Ключевые слова:** шлихтование, экстракт серицина, порошок серицина, шлихта, обрывность.

**Keywords:** sizing, extract sericin, sericin powder, dressing, breakage.

В условиях ООО СП "Нассочи точик" проводились производственные эксперименты по применению разработанной нами технологии [1] шлихтования хлопчатобумажной пряжи экстрактом серицина, получаемым из отходов шелкомотального производства. В качестве контрольного варианта брали шлихту, используемую в производстве.

Основные параметры экспериментальной и контрольной шлихты, а также результаты испытаний приведены в табл. 1.

Наряду с положительными результатами, основным из которых является существенное снижение обрывности в ткачестве и исключение процесса расшлихтовки, были выявлены некоторые недостатки предлагаемой технологии. В частности, было установлено, что технологические свойства полученного экстракта, как всякой неньютоновской жидкости, существенно зависят от температуры, времени и скорости деформации [2].

Т а б л и ц а 1

№	Показатели готовой шлихты	Шлихта по рецепту ООО "Нассочи точик"	Шлихта из экстракта серицина	Шлихта из порошка серицина
1	Основной компонент шлихты и его концентрация, г/л	кукурузный крахмал, 68...72	экстракт серицина	экстракт серицина 45...48
2	Вязкость, время истечения раствора, с	26	28	30
3	Истинный приклей, %	6,3	6,0	6,0
4	Температура шлихты, °С	85...90	75...80	75...80
5	Влажность основы, %	7...9	8...10	8...10
6	Скорость шлихтования, м/мин	40	45	45
7	Число оборотов мешалки, об/мин	22	25	25
8	Обрывность, обр/мин	4,5	3,1	3,2

Экстракт серицина получают из отходов шелкомотального производства путем экстракции в воде при температуре 85...90°С. Относительная вязкость полученного экстракта, по результатам измерений на капиллярном вискозиметре, соответствует требуемой вязкости шлихты и составляет около 30 с. Она практически не изменяется при перемешивании с частотой вращения мешалки до 25 об/мин.

Однако при увеличении скорости мешалки более 30 об/мин, при температуре экстракта в пределах 75...80°С вязкость раствора постепенно возрастает и доходит до 40 с, то есть увеличивается в 1,4 раза. При снижении температуры готовой шлихты ниже 40...45°С экстракт серицина кристаллизуется, превращаясь в гель. При обратном повышении температуры выше 65°С гель вновь превращается в раствор, но со значительно более низкой вязкостью (20...22 с) – непригодной для шлихтования.

Отмеченные особенности экстракта серицина требуют введения в технологию некоторых специфических условий:

– объем приготавливаемой из экстракта шлихты не должен превышать величины,

необходимой для непрерывной работы шлихтовальной машины в течение одной-двух смен;

– в шлихтовальном корыте необходимо установить приспособления для поддержания постоянной вязкости шлихты (мешалку с регулируемой частотой вращения).

Указанные требования создают препятствия на пути внедрения технологии шлихтования с применением отходов шелкомотального производства. Для принципиального решения названной проблемы необходимо разработать технологию получения серицина в виде порошка, который можно хранить в течение длительного времени до момента приготовления шлихты.

Основой предложенной технологии является способ получения порошка из натурального шелка путем обработки отходов водным раствором кислоты при повышенной температуре с последующей нейтрализацией, сушкой и механическим измельчением [3]. В качестве кислоты используют щавелевую кислоту. Обработка проводится при концентрации ее в растворе 3...7 мас. % и температуре 105...120°С в тече-

ние 2...5 ч. Недостатками этого способа является то, что, во-первых, получается порошок шелковых отходов, а не серицина, во-вторых, – обработка кислотой при 120°C приводит к кристаллизации, в результате чего серицин теряет клеящую способность. Учеными Ташкентского института текстильной и легкой промышленности предлагалась технология получения порошкообразного препарата ПСРК [4], основным компонентом которого является серицин, однако в его состав входит ряд других компонентов, не позволяющих использовать его для приготовления шлихты.

Сущность предлагаемого нами способа [5] заключается в экстракции серицина из шелковых отходов в виде рвани, струны, сдира и резаной оболочки коконов. В качестве экстрагента используется дистиллированная вода при температуре 80...85°C, которая достигается нагревом на водяной бане. После охлаждения экстракта до комнатной температуры в него добавляется этиловый спирт в соотношении 1:3 с последующей выдержкой в течение 24 часов, что позволяет перевести серицин в осадок, который высушивается при температуре 35...40°C до получения порошка светло-коричневого цвета. Для производства порошка серицина в производственных масштабах используется котел-экстрактор объемом 60 л. Этиловый спирт, применяемый для осаждения серицина, используется многократно.

Очевидно, что концентрация серицина в экстракте существенным образом будет зависеть от содержания отходов шелка в экстрагенте и продолжительности процесса экстракции.

Для определения рационального режима экстракции проводились эксперименты, в процессе которых в 100 мл дистиллированной воды помещались навески отходов шелка массой 2,5; 5,0; 7,5 и 10 г. Для каждой из указанных навесок подготавливали по 18 образцов, что позволило провести эксперимент с трехкратной повторностью в каждой точке. Образцы выдерживали в нагретом состоянии на водяной бане в течение 10, 20, 30, 40, 50 и 60 мин. Далее полученный экстракт подвергали обработке

этиловым спиртом и высушивали, как описано выше. Навеска, оставшаяся после экстракции, высушивалась до нормальной влажности и взвешивалась. Взвешивали и полученный в результате эксперимента порошок серицина. Результаты эксперимента приведены в табл. 2 (режим получения порошка серицина).

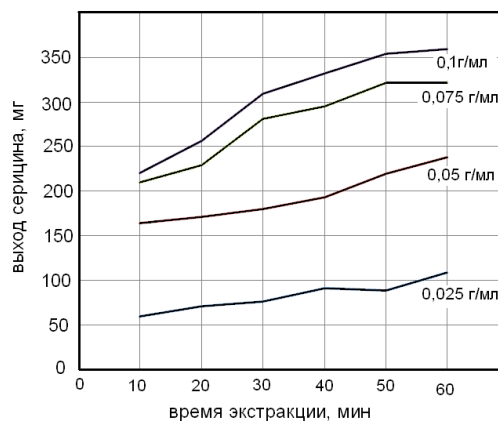


Рис. 1

Зависимости выхода порошка серицина из шелковых отходов от условий его получения приведены на рис. 1.

Как видно из рис.1, с увеличением количества экстрагируемого сырья (шелковых отходов) общая масса получаемого экстракта, в том числе серицина, также увеличивается. Максимальный выход вещества получился при соотношении 10:100 (г/мл) при экстрагировании в течение 60 минут.

В то же время видно, что с повышением содержания шелковых отходов в экстрагенте и увеличением времени экстракции содержание серицина в экстракте приближается к насыщению. Поэтому дальнейшее увеличение содержания и времени обработки не приведет к существенному увеличению выхода серицина.

Для оценки возможности производственного применения шлихты, приготовленной из порошка серицина, в условиях preparatory цеха ткацкого производства производилась наработка основ, которые в дальнейшем перерабатывались в ткацком цехе.

Т а б л и ц а 2

Время экстракции, мин	Масса навески до экстракции, г	Масса навески после экстракции, г	Масса полученного порошка (выход), мг
Содержание отходов шелка в экстрагенте 2,5:100 (г/мл)			
10	2,5	2,324	59,7
20	2,5	2,341	70,8
30	2,5	2,320	76,1
40	2,5	2,400	90,9
50	2,5	2,320	88,8
60	2,5	2,369	108,4
Содержание отходов шелка в экстрагенте 5:100 (г/мл)			
10	5,0	4,711	164,4
20	5,0	4,443	170,8
30	5,0	4,599	180,2
40	5,0	4,560	193,1
50	5,0	4,631	219,3
60	5,0	4,822	237,7
Содержание отходов шелка в экстрагенте 7,5:100 (г/мл)			
10	7,5	5,612	210,1
20	7,5	5,843	229,1
30	7,5	6,491	281,0
40	7,5	6,562	295,2
50	7,5	6,631	321,2
60	7,5	6,723	321,4
Содержание отходов шелка в экстрагенте 10:100 (г/мл)			
10	10	7,334	220,2
20	10	7,351	256,3
30	10	7,522	309,3
40	10	8,205	332,6
50	10	8,421	354,0
60	10	8,767	359,3

Основные технологические параметры полученной основы и данные по обрывности в ткачестве приведены в последнем столбце табл. 1.

Таким образом, предлагаемый способ позволяет разделить во времени процессы получения серицина и приготовления шлихты, а также дает возможность производить серицин в виде порошка на специализированном предприятии и не создавать на хлопчаткацких фабриках не свойственных им производств. Это в итоге создает условия для более широкого внедрения предложенной технологии шлихтования хлопчатобумажных основ.

## ВЫВОДЫ

1. Разработана технология получения серицина в виде порошка, позволяющая разделить процессы получения клеящего вещества и приготовления шлихты.

2. Определены рациональные режимы процесса экстракции серицина из отходов шелкомотального производства.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Ишматов А.Б., Рудовский П.Н., Яминова З.Я.* Применение серицина для шлихтования основ // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, № 6. С.98...101.
2. *Ткачук Г.С., Щербань В.Ю.* Реологические свойства крахмало-каолиновых систем // Легкая промышленность. – 2009, № 1. С. 30...31.
3. Способ получения порошка из натурального шелка. Патент РФ № 2011697, 30.04.1994.
4. *Юнусов Л.Ю., Усманов Г.С.* Технология и применение препаратов П-1 и ПСРК в кокономотальном производстве. – Ташкент: ТИТЛП, 1985.
5. Способ получения порошка серицина из шелковых отходов ТЖ № 625. Оpubл. 13.05.2014, Бюл.№ 24.

## REFERENCES

1. *Ishmatov A.B., Rudovskij P.N., Jaminova Z.Ja.* Primenenie sericina dlja shlihtovaniya osnov //



Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2012, № 6. S. 98...101.

2. Tkachuk G.S., Shherban' V.Ju. Reologicheskie svojstva krahmalo-kaolinovyh sistem // Legkaja promyshlennost'. – 2009, № 1. S. 30...31.

3. Sposob polucheniya poroshka iz natural'nogo shelka. Patent RF № 2011697, 30.04.1994.

4. Junusov L.Ju, Usmanov G.S. Tehnologija i primeneniye preparatov P-1 i PSRK v kokonomotal'nom proizvodstve. – Tashkent: TITLP, 1985.

5. Sposob polucheniya poroshka sericina iz shelkovykh othodov TJ № 625. Opubl. 13.05.2014, Bjul.№ 24.

Рекомендована кафедрой теории механизмов и машин, деталей машин и проектирования технологических машин КГТУ. Поступила 04.06.15.

УДК 677.023

## ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ СТРОЕНИЯ БОБИНЫ КРЕСТОВОЙ НАМОТКИ

### THEORETICAL STUDY OF THE STRUCTURE PARAMETERS OF CROSS WINDING OF BOBBIN

*Н. МАХМУДОВА, М. ФАРЗАЛИЕВ*  
*N. MAKHMUDOVA, M. FARZALIYEV*

(Азербайджанский государственный экономический университет)  
(Azerbaijan State Economic University)  
E-mail: m.farzaliyev@aseu.az

*В работе рассмотрены вопросы определения параметров строения бобины, полученной на мотальных машинах для мягкой намотки. Проанализирован процесс формирования бобины. Предложен новый метод для расчета числа слоев, число витков и длины нити в слоях намотки, а также других параметров структуры бобины. Полученные результаты могут быть полезными для создания рационального строения бобин, предназначенных для крашения пряжи.*

*The issued of the determination of the paramaters of the structure of the bobbin of the cross winding which is made at the machines with drum for soft bandage was studied at this work. The process of the formation of the arch, especially, the generation of the layer were analyzed. The new method is offered for calculating the number of the layers, coil and the length of the yarn, including, other parameters of the structure of the bobbin at the layers of the winding. The practical calculation of the structure of the parameters of the bobbin on the offered method was set an example. The obtained results can be useful for getting rational structure of the intended bobbin for painting yarns.*

**Ключевые слова:** бобина, строение бобины, угол подъема, слой намотки, число витков, число слоев.

**Keywords: bobbin, structure of bobbin, climbing angle, layer of winding, number of coil, number of layer.**

Одним из основных факторов, влияющих на качество крашения пряжи, является строение бобины, характеризуемое плотностью намотки, ее формой, размерами и другими параметрами, определяемыми процессом перематывания. Обзор работ, посвященных методам контроля параметров намотки, приведен в [1]. В [2], [3] рассматриваются современные методы контроля параметров паковок крестовой намотки, основанные на компьютерных технологиях. Ряд параметров строения паковки может быть получен на основе теоретического анализа. Так, в [4] проведен

такой анализ для параметров структуры намотки.

Рассмотрим процесс формирования бобины цилиндрической формы на мотальных машинах с прорезными барабанчиками. При этом принимаем, что элементарный слой, как и в работе [5], состоит из витков нити, последовательно укладываемых за один ход нитеводителя в одну и обратную сторону.

На рис. 1 представлена схема раскладки нити при крестовой намотке в начале наматывания: а) – в элементарном слое (в одном цикле раскладки); б) – в заполненном слое.

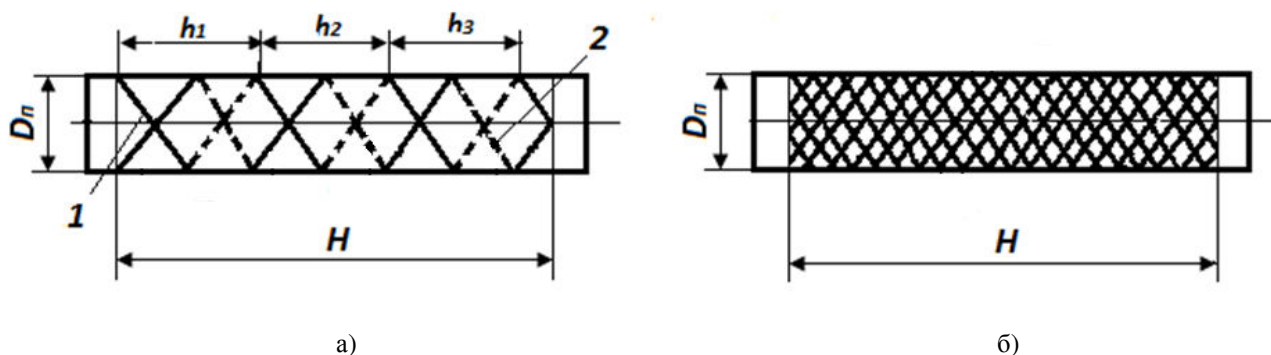


Рис. 1

Пусть за один цикл раскладки (за двойной ход нитеводителя) на патрон с диаметром  $D_n$  (рис. 1-а) наматывается отрезок пряжи длиной  $l_d$ . Образующиеся при этом витки 1 и 2 укладываются с шагами  $h_1$ ,  $h_2$  и  $h_3$  и перекрещиваются друг с другом. Эти витки образуют один элементарный слой на поверхности патрона. При этом расстояние между смежными витками, укладываемыми в одном направлении, равны соответствующим шагам витков. Все витки первого элементарного слоя непосредственно лежат на поверхности патрона. Все участки витка 2, кроме мест, расположенных на пересечении с витками 1, тоже лежат на поверхности патрона.

Далее происходит последовательное наматывание второго, третьего и последующих элементарных слоев, при этом заполняется промежуток между смежными витками первого элементарного слоя. Процесс заполнения продолжается до тех пор, пока расстояние между витками не достигнет определенного значения, после которого укладываемые витки перестанут касаться патрона, и начнется образование нового слоя (рис. 1-б). При этом расстояние между соседними витками уменьшается во столько раз, сколько циклов раскладки понадобилось, чтобы заполнить промежуток между витками первого элементарного слоя. В результате образуется заполненный слой.



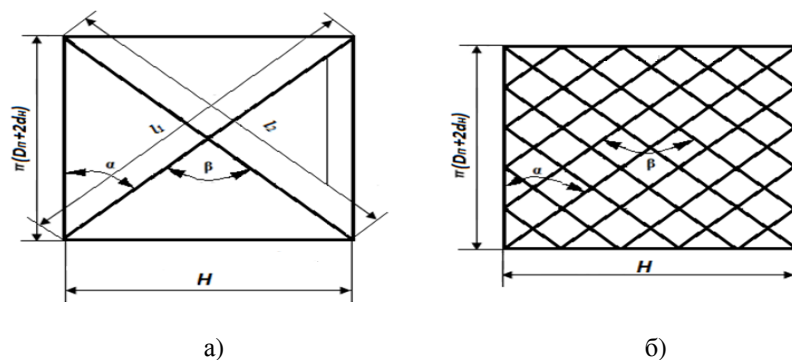


Рис. 2

На рис. 2 представлены развертки витков нити элементарного (а) и заполненного (б) слоя в начале наматывания. Как видно из рис. 2-б, основная часть всех витков, имеющих в слое, находится также в соприкосновении с поверхностью патрона. Только участки витков над местами пересечений не имеют такого контакта. Эти участки, по сравнению с контактирующими участками витков, незначительны. Поэтому с небольшой погрешностью толщину слоя  $\delta$  можно принять равной диаметру нити  $d_n$ . При этом, как видно из рис. 2-б, к концу формирования заполненного слоя диаметр намотки увеличивается на  $2d_n$ .

Формирование полной бобины происходит путем последовательного наматывания отдельных заполненных слоев на поверхность намотки. При достижении диаметром намотки определенного значения процесс формирования бобины завершается.

Пусть для наматывания нити длиной  $L$  на бобину нитераскладчик совершает  $M$  двойных ходов. Предположим, что длина нити, наматываемой на бобину за один цикл движения нитераскладчика  $l_{ц}$ , постоянна, и шаги витков нити за время цикла раскладки не изменяются (что справедливо при наматывании цилиндрических бобин).

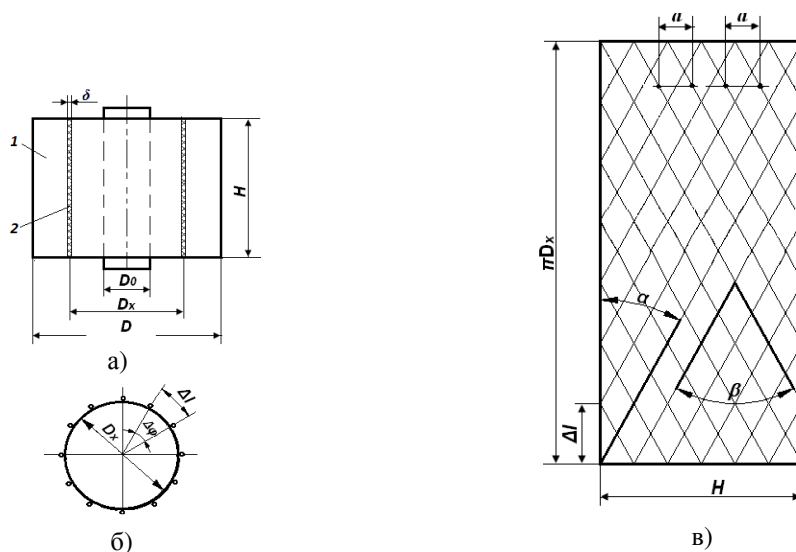


Рис. 3

На рис. 3 представлена расчетная схема для определения параметров строения бобины: а) – схема бобины; б) – схема положения точек поворота витков нити на торце бобины на участке выделенного слоя;

в) – развертка выделенного слоя на плоскую поверхность.

Выделим на произвольном диаметре  $D_x$  бобины 1 заполненный слой 2 с толщиной  $\delta$  и высотой  $H$  намотки. Далее производим

развертку выделенного слоя на плоскую поверхность (рис. 3). На рис. 3-б схематически представлены также точки поворота витков нити на торце бобины на диаметре  $D_x$ . Определим число  $m_c$  слоев на полной бобине по формуле:

$$m_c = (D - D_0) / 2\delta, \quad (1)$$

где  $D$  – наружный диаметр катушки;  $D_0$  – внутренний диаметр катушки.

Далее находим число циклов раскладки, то есть число двойных ходов нитеводителя  $M$ , необходимых для получения бобины с длиной нити:

$$M = L / \ell_c. \quad (2)$$

Затем вычисляем число циклов раскладки  $k$ , приходящееся на один слой катушки:

$$k = M / m_c. \quad (3)$$

Подставив значения  $m_c$  и  $M$  из (1) и (2) в (3) с учетом  $\delta = d_n$ , получим:

$$k = 2d_n L / [(D - D_0) \ell_c]. \quad (4)$$

В то же время число циклов раскладки  $k$  можно определить из рис 3-б по общеизвестной формуле:

$$k = \pi D_{cp} / \Delta \ell = \pi (D + D_0) / 2 \Delta \ell. \quad (5)$$

Решая уравнения (4) и (5) относительно  $\Delta \ell$ , получим:

$$\Delta \ell = \pi (D^2 - D_0^2) \ell_c / 4L d_n. \quad (6)$$

Для вычисления длины нити  $L$  (м) воспользуемся геометрическими размерами полной бобины. Исходя из этих данных, определим длину нити по следующей формуле:

$$L = 10^6 V \rho / T = 10^6 \pi N \rho (D^2 - D_0^2) / 4T, \quad (7)$$

где  $V$  – объем катушки бобины,  $m^3$ ;  $\rho$  – средняя плотность катушки бобины,  $kg/m^3$ ;  $T$  – линейная плотность нити, текс.

Подставив значения  $L$  в формулу (6), получим:

$$\Delta \ell = \ell_c T / (10^6 N \rho d_n). \quad (8)$$

Если учесть

$$d_n = 0,1C \sqrt{T},$$

то

$$\Delta \ell = \ell_c \sqrt{T} / (10^5 C N \rho), \quad (9)$$

где  $C$  – постоянный коэффициент, зависящий от рода пряжи.

Длина нити  $\ell_c$ , укладываемой за цикл раскладки, состоит из длины  $\ell_1$ , намотанной при ходе нитеводителя влево, и длины  $\ell_2$ , намотанной при ходе нитеводителя вправо.

Если принять  $\ell_1 = \ell_2 = \ell$ , то  $\ell_c = \ell_1 + \ell_2 = 2\ell$ . Из рис. 2-а:

$$\ell = H / (\sin \alpha). \quad (10)$$

Откуда

$$\ell_c = 2H / (\sin \alpha). \quad (11)$$

Подставив полученное значение  $\ell_c$  в (9), окончательно получим:

$$\Delta \ell = 2 \sqrt{T} / (10^5 C \rho \sin \alpha). \quad (12)$$

Подставив значения  $\Delta \ell$  в формулу (5), принимая при этом  $D_x$  вместо  $D_{cp}$ , можно определить число точек разворота нити на торце катушки за время образования слоя на произвольном диаметре бобины:

$$k_x = \pi D_x / \Delta \ell = 10^5 \pi D_x C \rho \sin \alpha / (2 \sqrt{T}). \quad (13)$$

При этом  $k_x$  совпадает с количеством двойных ходов нитеводителя и циклов раскладки в слое.

Определив величины  $k_x$ , можно легко вычислить длину нити, образующую слой на произвольном диаметре бобины:

$$L_c = k_c \ell_c = 10^4 \pi D_x C \rho \ell_c \sin \alpha / (2 \sqrt{T}). \quad (14)$$

Далее, зная число точек разворота нити на торце бобины для одного слоя намотки, можно определить расстояния между соседними витками, намотанными за время движения нитеводителя в одну сторону паковки.

Из рис. 3-в:

$$a = \Delta \ell \operatorname{tg} \alpha. \quad (15)$$

Подставляя значения  $\Delta \ell$  из формулы (12) в (15), получим:

$$a = 2\sqrt{T} \operatorname{tg} \alpha / (10^5 C \rho \sin \alpha). \quad (16)$$

Число витков нити в элементарном слое намотки при диаметре  $D_x$ , укладываемых за один двойной ход движения нитеводителя, можно вычислить по формуле, приведенной в [6]:

$$n_3 = 10^2 \ell_{\text{ц}} \cos \alpha / \pi D_x. \quad (17)$$

Как видно из формулы (17), при постоянном значении величины угла подъема  $\alpha$  с увеличением диаметра намотки число витков в элементарном слое увеличивается. При этом число витков  $n_{31}$ , укладываемых при движении нитеводителя в одну сторону паковки, составляет половину  $n_3$ . Следовательно,  $n_{31} = 0,5n_3$ .

Общее число витков, имеющих в заполненном слое, может быть определено по следующей формуле:

$$n_c = n_b K_x. \quad (18)$$

Подставив значения  $n_b$  и  $K_x$  из (17) и (13) в формулу (18), будем иметь:

$$n_c = 10^5 \ell_{\text{ц}} C \rho \sin 2\alpha / (4\sqrt{T}).$$

Учитывая, что  $2\alpha = \beta$ , окончательно получим:

$$n_c = 10^4 \ell_{\text{ц}} C \rho \sin \beta / (4\sqrt{T}), \quad (19)$$

где  $\beta$  – угол скрещивания витков нити.

Как видно из формулы (19), число витков в заполненном слое при постоянных

значениях  $\ell_{\text{ц}}$ ,  $\rho$  и  $\beta$  не зависит от диаметра намотки бобины.

Одним из показателей строения бобины, влияющим на качество окрашивания пряжи, является коэффициент заполнения намотки нитями. Этот параметр показывает долю объема намотки, занимаемого нитью в общем объеме бобины.

Зная длины нитей в слое, можно определить величину коэффициента заполнения на любом участке намотки бобины:

$$K_{\text{зс}} = V_{\text{нс}} / V_c, \quad (20)$$

где  $V_{\text{нс}} = (\pi d^2/4)L_c$  – объем слоя намотки, занимаемый нитями;  $V_c = \pi D_x d H_c$  – объем слоя намотки с размерами: длина –  $\pi D_x$ , ширина –  $H_c$  и высота –  $d$ .

Подставив значения  $V_{\text{нс}}$ ,  $V_c$  и  $L_c$  из (14) в (20), получим:

$$K_{\text{зс}} = (\pi d^2/4) (10^4 \pi D_x C \rho \ell_{\text{ц}} \sin \alpha / 2\sqrt{T}) / (\pi D_x d H_c).$$

Учитывая (11) и  $d_n = 0,1C\sqrt{T}$ , после преобразований получим:

$$K_{\text{зс}} = 785 C^2 \rho. \quad (21)$$

Из формулы (21) видно, что коэффициент заполнения зависит от удельной плотности намотки и вида пряжи. Следует отметить, что эта формула совпадает с формулой, выведенной в работе [7] (для паковок параллельной намотки). Указанные формулы выведены в предположении постоянной удельной плотности намотки, одинаковых значениях величины  $\Delta \ell$ . Кроме того, принято, что нить недеформируема и имеет круглую форму.

## ВЫВОДЫ

Предложен метод расчета параметров строения бобины обычной крестовой намотки, таких как число слоев, число витков и длины нити в слое намотки, и других параметров, исходя из линейной плотности, длины нити на бобине и удельной плотности намотки.

1. Палочкин С.В., Рудовский П.Н., Нуриев М.Н. Методы и средства контроля основных параметров текстильных паковок. – М., 2006.

2. Киприна Л.Ю., Рудовский П.Н. Оценка качества структуры текстильных паковок с использованием современных информационных технологий. – Кострома, 2011.

3. Рудовский П.Н., Киприна Л.Ю., Нуриев М.Н. Методика количественной оценки параметров структуры намотки // Вестник Костромского гос. технолог. ун-та. – 2005, № 11. С.27...30.

4. Рудовский П.Н. Анализ структуры намотки при фрикционном наматывании // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1995, №4. С. 56.

5. Карезо В.Д. Распределение плотности в цилиндрической бобине крестовой намотки // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1970, №3.

6. Simon L., Hübner H. Vorbereitungstechnik für die Weberei, Wirkerei und Strickerei. VEB Fachbuchverlag. – Leipzig, 1983.

7. Фатдахов Р.М., Джухангирова М. Г. О формировании и строении паковок параллельной намотки // Мат. Междунар. конф.: Текстильные материалы XXI века. – Санкт-Петербург, 2005. С.246...250.

1. Palochkin S.V., Rudovskij P.N., Nuriev M.N. Metody i sredstva kontrolja osnovnyh parametrov tekstil'nyh pakovok. – M., 2006.

2. Kiprina L.Ju., Rudovskij P.N. Ocenka kachestva struktury tekstil'nyh pakovok s ispol'zovaniem sovremennyh informacionnyh tehnologij. – Kostroma, 2011.

3. Rudovskij P.N., Kiprina L.Ju., Nuriev M.N. Metodika kolichestvennoj ocenki parametrov struktury namotki // Vestnik Kostromskogo gos. tehnolog. un-ta. – 2005, № 11. S.27...30.

4. Rudovskij P.N. Analiz struktury namotki pri frikcionnom namatyvanii // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 1995, № 4. S. 56.

5. Karezo V.D. Raspredelenie plotnosti v cilindricheskoj bobine krestovoj namotki // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 1970, №3.

6. Simon L., Hübner H. Vorbereitungstechnik für die Weberei, Wirkerei und Strickerei. VEB Fachbuchverlag. – Leipzig, 1983.

7. Fatdahov R.M., Dzhahangirova M. G. O formirovanii i stroenii pakovok paralel'noj namotki // Mat. Mezhdunar. konf.: Tekstil'nye materialy XXI veka. – Sankt-Peterburg, 2005. S.246...250.

Рекомендована кафедрой технологических машин и отраслевого оборудования. Поступила 05.10.15.

УДК 677.027.2

**ВЛИЯНИЕ ФЕРМЕНТАТИВНОЙ МОДИФИКАЦИИ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ ХЛОПКА  
НА КАПИЛЛЯРНЫЕ И СОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА МАТЕРИАЛОВ  
ПЕРОКСИДНОГО СПОСОБА ПОДГОТОВКИ\***

**EFFECTS OF ENZYMATIC MODIFICATION OF COTTON PULP  
ON CAPILLARITY AND SORPTION PROPERTIES OF MATERIALS  
PEROXIDE METHOD PREPARED**

*А.В. ЧЕШКОВА, А.А. КОНЧИНА*  
*A.V. CHESHKOVA, A.A. KONCHINA*

(Ивановский государственный химико-технологический университет)  
(Ivanovo State University of Chemical Technology)  
E-mail: cheshkova @ isuct.ru

*Полученные экспериментальные и практические результаты позволяют прогнозировать результат капиллярных свойств хлопчатобумажных тканей в зависимости от способа ферментативной подготовки и собственно пероксидного беления. Установлены концентрационный оптимум пероксида водорода, обеспечивающий в условиях непрерывного плюсовочно-запарного и периодического способа беления получение требуемых и достаточных капиллярных свойств для последующего колорирования пигментными композициями и активными красителями.*

*The experimental and practical results allow to predict the result of capillary properties of cotton fabrics and depending on the method of preparation and proper enzymatic peroxide bleaching. Set the optimum concentration of hydrogen peroxide, which provides in continuous of non-periodic and periodic batch process of bleaching and sufficient to obtain the desired properties for the subsequent capillary coloring pigment compositions and reactive dyes.*

**Ключевые слова:** подготовка хлопчатобумажных тканей, ферментативная модификация, сорбция, ферменты.

**Keywords:** pretreatments of cotton materials, enzymatic modification, sorption, enzyme.

Современное колористическое оформление хлопчатобумажных тканей на ивановских предприятиях предусматривает

преимущественно грунтовую печать пигментами и в редких случаях – крашение активными красителями. Требования к подго-

\* Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 14-03-00417.

товке ограничиваются не столько высокой белизной, сколько прочностными характеристиками и капиллярностью. Классический подход – это применение щелочной высокотемпературной отварки перед пероксидным белинием. В процессе щелочной отварки повышение гидрофильности целлюлозы хлопка и в целом ошлихтованной суровой ткани достигается гидролитической деструкцией крахмала шлихты, омылением части восков и их эмульгированием ПАВ. Однако отварка – энергоемкий процесс, приводящий к существенному защелачиванию сточных вод, требующий многооперационной промывки, проведения операции кислотования, и, как следствие, к высокому расходу промывных вод.

Ранее рядом научных школ и работами кафедры ХТВМ ИГХТУ показано, что селективное воздействие ферментов на шлихту и сопутствующие примеси позволяет получать ткани, прочные к разрыву и с удовлетворительной капиллярностью при более низком расходе технологической воды и химикатов [1...12]. В отличие от процессов щелочной отварки при биохимической обработке возможно исключение операции кислотования и 2...4 промывок [1...3]. В настоящей статье поставлена задача выявить оптимальное сочетание ферментной обработки с использованием технических препаратов энзимов и концентрации пероксида водорода, при которой текстильный материал приобретает требуемые капиллярные свойства не только для печатания пигментными композициями, но и для крашения активными красителями. Поставленная задача решалась путем использования биохимических катализаторов процесса гидролиза крахмала шлихты, пектинов хлопка и поверхностных слоев целлюлозы хлопкового волокна. Из ферментов были выбраны формы наиболее стабильных (6 мес. срок хранения), высокоактивных, жидких (для предотвращения пыления), не содержащих ПАВ (для обеспечения экологичности технологии), препараты Аквазим SDL, Скаурзим L, Целлюсофт CR (Новозайм, Дания; фирма Биохим, г. Москва) [1...3]. Эти препараты стабильно выпускаются в промышленных масштабах, что обеспечит скорейшее внед-

рение технологий в производство. Концентрация ферментов в рабочем растворе в эксперименте составляла 1 г/л, температура пропитки 50...52°C. Выбранные ферментные препараты совместимы по оптимальным зонам активности. Аквазим SDL имеет активность 500 NDU/g, оптимальную pH при 6,5...7,5, температурный оптимум в диапазоне 25...30°C, препарат Скаурзим L – соответственно 375 APSU-CA/g, pH оптимум – 8, температурный – 30...60° C. Препарат Целлюсофт CR при активности 500 CU/g имеет pH оптимум при 5,9...7, температурный – при 30...50°C.

При моделировании ферментативной обработки по плюсовочно-накатной технологии соблюдали время пропитки 15 секунд с последующим отжимом до 100% остаточной влажности и выдерживанием без подогрева в течение двух часов. Далее проводили сокращенную промывку в двух ваннах горячей водой с ПАВ Хостапаль (0,5 г/л, 80...85°C) и теплой водой. После ферментативной обработки хлопчатобумажную ткань бязь (110 г/м<sup>2</sup>) отбеливали по плюсовочно-запарной и жидкостной технологии с использованием оригинальных составов с варьированием концентрации пероксида водорода в белящем растворе. Общая щелочность в рабочем растворе составляла 3 г/л, pH 11,2, а концентрация ПАВ Хостапаль – 0,5 г/л. Для эксперимента использовали широко востребованную в настоящее время хлопчатобумажную бязь поверхностной плотностью 110 г/м<sup>2</sup>, предоставленную ОАО "Самойловский текстиль" (г.Иваново).

Поскольку в процессах печатания в большей степени, чем в процессах крашения, определяющим является скорость впитывания, то наряду с гостируемым показателем капиллярности (скорости поднятия столба жидкости за 60 мин) оценена кинетика процесса капиллярного впитывания и сорбционные свойства хлопчатобумажной бязи (табл. 1 – кинетика капиллярного впитывания воды целлюлозой хлопка в зависимости от способа ферментативной модификации и концентрации пероксида в белящем растворе).

Таблица 1

CH <sub>2</sub> O <sub>2</sub> на стадии беле- нения, г/л	Скорость капиллярного впитывания, tg < (мм/мин)			Капиллярность, мм/ 60 мин		
	амилазы	амилаза, пектиназа	композиция	амилазы	амилаза, пектиназа	композиция
1	0,42/0,10*	0,59/0,21*	0,84/0,70*	20/18	40/30	60/85
3	0,70/0,16	1,03/0,27	1,43/1	25/19	55/45	75/90
5	0,81/0,37	1,54/0,47	1,59/1,73	40/22	60/48	80/95
7	1,15/0,51	1,73/0,65	1,73/2,14	45/29	65/50	100/110
10	1,80/0,79	2,04/0,84	2,75/2,75	55/35	80/62	100/120

Примечание. \*В числителе – для периодического способа белеения, в знаменателе – для непрерывного.

Эксперимент и практика внедренческих работ на отделочном предприятии "Возрождение" (г. Иваново), ОАО "Самойловский текстиль" (г. Иваново), "Шуйские ситцы" (г. Шуя) показали, что расшлитовка только амилазами не позволяет получить высокую капиллярность ткани, даже при увеличении концентрации пероксида водорода на стадии белеения до 8...10 г/л, как при периодическом способе проведения процесса, так и при непрерывном. Максимальная капиллярность, которую можно достигнуть при последующем белеении, не превышает 35...55 мм/ч (табл. 1). Такие капиллярные свойства выгодны с точки зрения повышения качества печатания и мягкости тканей только при использовании пигментных композиций [2]. Для выпуска тканей высокого качества и при печатании или крашении кубовыми и активными красителями такой капиллярности недостаточно. Дополнительный эффект гидрофилизации можно обеспечить введением в состав рабочего раствора пектиназ [3]. На стадиях биохимической подготовки композицией амилаз с пектиназами удаление гидрофобных примесей

(восков) достигается за счет деструкции пектинов, являющихся связующим между целлюлозой и восками. Эти изменения наглядно подтверждаются результатами капиллярных свойств и скорости капиллярного впитывания, приведенных в табл. 1. На стадии промывки при 75...80°C воски эмульгируются. В результате удаления гидрофобных примесей, экранирующих гидроксильные группы (-ОН), увеличивается степень связывания компонентов пигментной композиции в волокне при печатании пигментами [2]. Вследствие этого устойчивость окраски печатного рисунка к физико-механическим воздействиям существенно повышается. Однако реакционная и сорбционная способность целлюлозы по отношению, например, к активным красителям, не достигает результатов для тканей, отбеленных по двухстадийной технологии щелочно-пероксидного белеения с предварительной щелочной отваркой (табл. 2 – влияние ферментативной модификации и пероксидного белеения на результаты крашения\* хлопчатобумажной бязи бифункциональным активным красителем БФ красный 6С).

Таблица 2

1-я стадия подготовки	Капиллярность, мм/ч*	Коэффициент диффузии, D·10 <sup>9</sup> см <sup>2</sup> /с	Термодинамическое средство, -Δμ, кДж/моль	Степень ковалентно- го связыва- ния СФ, %	Насыщенность цвета С
Щелочная отварка	125	3,52	7,08	93,1	2,63
Амилазы	65	3,02	6,79	85,1	2,04
Амилазы, пектиназы	102	3,39	6,99	89,1	2,55
Композиция ферментов	120	3,84	7,33	94,5	2,64

Примечание. \*Белеение и крашение на джигерах в условиях производства.

Сопоставление данных табл. 1 и 2 позволяет утверждать, что ферментативная модификация с использованием амилаз и щелочной пектиназы не позволяет получить отбеленную хлопчатобумажную ткань с высокой сорбционной способностью, несмотря на то, что капиллярные свойства сопоставимы с результатами подготовки по ходовой технологии. Можно также отметить (табл.1), что при непрерывном способе подготовки в этом случае наблюдается практически линейная зависимость скорости капиллярного впитывания и капиллярных свойств от концентрации пероксида водорода в белящем составе. Напротив, повышение концентрации пероксида водорода в периодических технологиях более 1 г/л не меняет капиллярных свойств, но в то же время можно отметить высокую скорость впитывания. Максимальная капиллярность тканей в этом случае достигает 60...85 мм/ч.

Использование пектиназы в сочетании с целлюлазами существенно повышает скорость капиллярного впитывания, особенно при проведении процесса по непрерывной технологии, что особенно важно при печатании и крашении водорастворимыми активными красителями (табл. 1). При этом максимальная капиллярность составляет 110 мм/ч. Капиллярность ферментативно обработанной ткани, отбеленной по периодической технологии, в этом случае практически не зависит от концентрации пероксида водорода. Видимо, на первой стадии ферментной обработки

происходит тополитическое воздействие ферментов на целлюлозу хлопкового волокна, способствующее модификации целлюлозы в сторону ее гидрофилизации за счет аморфизации кристаллической структуры и удаления гидрофобных веществ, экранирующих реакционно активные группы целлюлозы (-ОН) [4...10], [12]. В первом случае при непрерывном способе в процессе пропитки щелочными растворами пероксида водорода различной концентрации и в условиях последующего запаривания не происходит эффективной сорбции белящих реагентов во внутренние структуры волокна. Все окислительные процессы проходят на поверхности волокон. Это делает определяющим концентрацию пероксида водорода. Во втором случае, когда процесс беления проводится периодически (жидкостным способом), более значимы сорбционные явления, обусловленные не только свойством растворов, но и давлением жидкости, ее турбулентностью и т.д.

По результатам анализа кинетических кривых сорбции хлопчатобумажной тканью перспективного и значимого для промышленного внедрения бифункционального красителя рассчитаны коэффициенты диффузии, а с учетом разницы концентраций красителя в растворе ( $C_p$ ) и на волокне ( $C_b$ ) определены величины термодинамического сродства для рассматриваемой системы "волокно-краситель" с помощью уравнения:

$$-\Delta\mu = RT [\ln C^B + Z \ln [Na^+]_B - (Z-1)\ln V - \ln C^P - Z \ln [Na^+]^P].$$

Активные бифункциональные красители, имеющие сравнительно большую молекулярную массу, вступающие в химическую реакцию с волокном, и более точно с целлюлозой хлопка, особо зависимы от распределения и доступности гидроксильных групп целлюлозы не только для диффузии и физической сорбции красителей, но и равномерности протекания химической реакции красителя с волокном [7...10]. Установлено, что только ферментативная обработка амилазами и амилаза-

ми в композиции с пектиназами с последующим пероксидным белением не позволяет обеспечить сопоставимые значения диффузионной активности красителя с результатами при крашении ткани, подготовленной по классической технологии с предварительной щелочной отваркой (табл. 2), [11]. Ускорение внутренней диффузии, наблюдаемое при крашении ткани, подготовленной с использованием трехкомпонентной композиции, вероятно, связано в формированием в результате



ферментного гидролиза целлюлозы под действием целлюлаз эрозийной структуры поверхности, насыщенной гидроксильными группами, и сети внутренних микрокапилляров. Это, в свою очередь, благоприятствует протеканию реакций ковалентного связывания красителя, смещая термодинамическое сродство и повышая выбираемость красителя.

В ходе проведенных производственных испытаний доказана эффективность предложенных технологических подходов и выстроены рациональные схемы подготовки, обеспечивающие минимизацию расхода химических и биохимических материалов при подготовке хлопчатобумажных тканей, а также высокое качество печати и крашиваемость активными красителями за счет повышения сорбционных свойств и реакционной способности целлюлозы хлопка [1...3]. Экспериментально установлено, что степень ковалентной фиксации бифункционального красителя превышает 90% при крашении хлопчатобумажной ткани, подготовленной по классической технологии и с трехкомпонентным составом. Таким образом, при оптимизации технологического режима ферментативной обработки и перексидного беления можно руководствоваться двумя подходами:

- использование низкой по себестоимости двухкомпонентной композиции ферментов при концентрации пероксида водорода не менее 7 г/л. Такие параметры процесса подготовки позволяют получить капиллярность хлопчатобумажной ткани на уровне 55...70 мм – по непрерывной технологии и 80...90 – по периодической, что достаточно для печатания пигментными композициями;

- использование эффективной трехкомпонентной композиции (Аквазим, Скаурзим, Целлюсофт) при снижении концентрации пероксида водорода в белящем составе до 5 г/л. Такие параметры подготовки позволяют получить капиллярность на уровне 100 мм – по непрерывной технологии и 110 – по периодической, что достаточно для крашения активными красителями.

Полученные экспериментальные и практические результаты позволяют прогнозировать результат капиллярных свойств хлопчатобумажных тканей в зависимости от способа ферментативной подготовки и собственно перексидного беления. Установлен концентрационный оптимум пероксида водорода, обеспечивающий в условиях непрерывного плюсовочно-запарного и периодического способа беления получение требуемых и достаточных капиллярных свойств для последующего колорирования пигментными композициями и активными красителями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чешкова А.В., Козлова О.В. Унификация технологии отделки тканей: экономичность и экологичность // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2003, № 2. С.37...42.
2. Чешкова А.В., Козлова О.В. и др. Практические и теоретические аспекты печатания пигментами на биохимически подготовленных хлопчатобумажных тканях // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2009, № 1. С. 61...65.
3. Cheshkova A.V. New Biochemical Approaches to Fiber Modification in the Solution of the Problem of Unifying Cellulose Pretreatment Technologies published in Rossiiskii Khimicheskii Zhurnal/A.V. Cheshkova, A.E. Zavadskii, V.A. Loginova. – Vol. 55, No. 3, 2011. P. 59...66.
4. Алеева С.В., Кокшаров С.А. Модификация свойств гидрогелей и пленок крахмала специализированными ферментными препаратами // Изв. вузов. Химия и химическая технология. – 2003. Т. 46, №1. С. 120...124.
5. Гусаков А.В., Сеницын А.П. О механизме действия ферментов целлюлаз на текстильные материалы: взгляд энзимологов // Текстильная химия. – 1998, № 2 (14). С. 68...73.
6. Сеницын А.П., Кричевский Г.Е. Энзимные биотехнологии в отделке текстиля // Текстильная промышленность. – 2000, №6. С.22...28.
7. Рабинович М.Л., Клесов А.А., Черноглазов В.М. и др. Эффективность адсорбции целлюлолитических ферментов – фактор, определяющий реакционную способность нерастворимой (кристаллической) целлюлозы // ДАН, 1981. Т. 260, №6. С.1481...1486.
8. Шкурихин В.А., Сафонов В.В. // Текстильная промышленность. – 2000, №6. С. 29...30.
9. Кричевский Г.Е. Физико-химические основы применения активных красителей. – М.: Легкая индустрия, 1977.

10. Уголева В.С., Павлов Н.Н. // Изв.вузов. Химия и химическая технология. – 1972, т. 15, вып. 1. С. 37...40.

11. Кулигин М.Е., Евдокимова В.А. Разработка технологии расщиповки хлопчатобумажных материалов // Вісник Хмельницького національного університету. – 2012, №5. С.107...111.

12. Павлов Н.Н., Родионова Э.А. Влияние ферментов и солей металлов на долговечность волокнистых материалов на основе целлюлозы в окислительно-щелочной среде // Тез. докл. Всерос. заоч. конф.: Катализ и сорбция в биотехнологии, химии, химических технологиях и экологии. – Тверь, 2004, №6. С.8.

#### REFERENCES

1. Cheshkova A.V., Kozlova O.V. Unifikatsiya tehnologii otdelki tkaney: e'konomichnost' i e'kologichnost' // Izv. vuzov. Tehnologiya tekstil'noj promyshlennosti. – 2003, № 2. S.37...42.

2. Cheshkova A.V., Kozlova O.V. i dr. Prakticheskie i teoreticheskie aspekty pechataniya pigmentami na biohimicheski podgotovlennyh hlochatobumazhnyh tkanyah // Izv. vuzov. Tehnologiya tekstil'noj promyshlennosti. – 2009, № 1. S. 61...65.

3. Cheshkova A.V. New Biochemical Approaches to Fiber Modification in the Solution of the Problem of Unifying Cellulose Pretreatment Technologies published in Rossiiskii Khimicheskii Zhurnal/A.V. Cheshkova, A.E. Zavadskii, V.A. Loginova. – Vol. 55, No. 3, 2011. P. 59...66.

4. Aleeva S.V., Koksharov S.A. Modifikatsiya svojstv gidrogelej i plenok krahmala specializirovannymi fermentnymi preparatami // Izv. vuzov. Himiya i himicheskaya tehnologiya. – 2003, T. 46, №1. S. 120...124.

5. Gusakov A.B., Sinicyn A.P. O mehanizme dejstviya fermentov cellyulaz na tekstil'nye materialy: vzglyad e'nzimologov // Tekstil'naya himiya. – 1998, № 2 (14). S. 68...73.

6. Sinicyn A.P., Krichevskij G.E. E'nzimnye biotehnologii v otdelke tekstilya // Tekstil'naya promyshlennost'. – 2000, №6. S.22...28.

7. Rabinovich M.L., Klesov A.A., Chernoglazov V.M. i dr. E'ffektivnost' adsorbicii cellyulolicheskikh fermentov – faktor, opredelyayuwij reakcionnyu sposobnost' nerastvorimoy (kristallicheskoj) cellyulozy // DAN, 1981. T. 260, №6. S.1481...1486.

8. Shkurihin V.A., Safonov V.V. // Tekstil'naya promyshlennost'. – 2000, №6. S. 29...30.

9. Krichevskij G.E. Fiziko-himicheskie osnovy primeneniya aktivnyh krasitelej. – M.: Legkaya industriya, 1977.

10. Ugoleva B.C., Pavlov N.N. // Izv.vuzov. Himiya i himicheskaya tehnologiya. – 1972, t. 15, vyp. 1. S. 37...40.

11. Kuligin M.E., Evdokimova V.A. Razrabotka tehnologi rasshlihtovki hlochatobumazhnyh materialov // Visnik Hmel'nic'kogo nacional'nogo universitetu. – 2012, №5. S.107...111.

12. Pavlov N.N., Rodionova E'.A. Vliyanie fermentov i solej metallov na dolgovechnost' voloknistyh materialov na osnove cellyulozy v okislitel'no-welochnoj srede // Тез. докл. Vseros. заоч. конф.: Катализ и сорбция в биотехнологии, химии, химических технологиях и экологии. – Tver', 2004, №6. S.8.

Рекомендована кафедрой химической технологии волокнистых материалов. Поступила 02.12.14.

УДК 677.021.151.232

## ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКИХ СПОСОБОВ ПОДГОТОВКИ ЛЬНЯНОГО ВОЛОКНА НА СВОЙСТВА ФОРМИРУЕМОЙ ПРЯЖИ

### EFFECT OF CHEMICAL WAYS TO PREPARE FLAX FIBER FORMED ON THE PROPERTIES OF YARN

*C.B. АЛЕЕВА, С.А. КОКШАРОВ*  
*S.V. ALEEVA, S.A. KOKSHAROV*

(Институт химии растворов им. Г.А. Крестова РАН, г. Иваново,  
Ивановский государственный политехнический университет)  
(G.A. Krestov Institute of Solution Chemistry of RAS, Ivanovo,  
Ivanovo State Polytechnical University)  
E-mail: sva@isc-ras.ru

*В сопоставимых условиях по результатам физико-механических свойств пряжи сопоставлена эффективность использования наиболее распространенных способов химической подготовки к прядению льняной ровницы с раз-*

*личной степенью огрубления волокна. Установлено, что предпосылками к улучшению технологических показателей пряжи является не только снижение массовой доли лигнина в волокне, но и сохранение части гемицеллюлозных соединений.*

*In comparable conditions of processing of samples linen roving with various degree of pollution of a fibre the estimation of efficiency of chemical methods of preparation of a fibrous material to spinning by results of change of physical and mechanical properties of a yarn is spent. It was established that the prerequisites for improving the technological indices yarn is not only a reduction in the mass fraction of the lignin in the fiber, but also preservation of hemicellulose compounds.*

**Ключевые слова:** льняная ровница, химические способы подготовки волокна, физико-механические свойства пряжи.

**Keywords:** flax roving, chemical methods of fiber preparation, physical and mechanical properties of the yarn.

Перерабатываемые на текстильных предприятиях виды льняного сырья характеризуются природной неоднородностью химического состава и свойств, что затрудняет сопоставление эффективности использования химических реагентов при подготовке льняной ровницы к прядению. В частности, в зависимости от вида волокна, поступающего в прядильное производство, и способа его обработки на этапе химико-технологической подготовки ровницы существенно варьируют качественные характеристики формируемой льняной пряжи [1...4]. Различия составляют 1,5...3 раза, а в некоторых случаях могут достигать десятичного порядка. Это затрудняет выявление взаимосвязи между свойствами формируемой пряжи и полимерным составом подготовленного волокна на основании литературных данных. В связи с этим цель настоящих исследований заключается в проведении в сопоставимых условиях сравнительного анализа эффективности наиболее широко используемых способов химической подготовки льняной ровницы с различной степенью огрубления волокна по результатам изменения его прядомых свойств.

В работе исследованы образцы трех видов ровницы чесаного льна №16, сформированной соответственно из волокна мягкого, средней мягкости и грубого. В зависимости от степени огрубления волокна применены

типичные рецептурные режимы [1] следующих вариантов химической обработки: для мягких видов ровницы – способ щелочно-пероксидного отбеливания (ЩПО); для сырья средней мягкости – ЩПО и окислительная варка (ОВ); для грубого волокна – технологии ОВ, окислительно-сульфитной варки (ОСВ) и хлоритно-окислительной варки (ХОВ). Подготовка экспериментальных образцов ровницы по вышеуказанным технологическим режимам осуществлена на аппарате марки АЛ 210/1 в соответствии с рекомендациями [1]. Последующее прядение осуществлялось мокрым способом в условиях предприятия ОАО "Вологодский текстиль" на прядильной машине ПМ-88-Л8. Содержание основных примесей (гемицеллюлоз Гц, пектиновых веществ П и лигнина Л) оценено согласно рекомендациям [3]. Результаты их оценки в анализируемых видах льняной ровницы до и после ее подготовки к прядению приведены в табл. 1.

Анализируя представленные данные, следует отметить, что двухстадийный режим ЩПО при обработке мягких видов сырья снижает содержание анализируемых соединений практически в 3 раза. При этом основному разрушению подвергается углеводно-белковый комплекс клеящих веществ: степень удаления гемицеллюлоз составляет более 65%, а полиуронидов – около 90%.

Т а б л и ц а 1

Вид волокна	Режим обработки	Содержание основных примесей, масс. %						Потеря массы, %
		исходное			остаточное			
		Гц	П	Л	Гц	П	Л	
Мягкое	ЩПО	10,1	2,81	3,7	3,4	0,31	2,4	16,0
Средней мягкости	ЩПО	12,1	3,93	5,2	3,8	0,38	3,9	18,0
	ОВ				6,0	0,48	2,8	
Грубое	ОВ	17,1	5,58	7,7	10,1	0,96	4,3	16,5
	ОСВ				3,9	0,32	3,2	19,2
	ХОВ				6,8	0,37	1,7	19,4

Вместе с тем уровень извлечения лигнина не превышает 35% при обработке мягкого волокна и 25% – для сырья средней мягкости. В последнем случае более эффективен одностадийный способ окислительной варки. Повышенный уровень щелочности варочного раствора и содержания пероксида водорода относительно режима ЩПО позволяет в 1,85 раза увеличить количество извлекаемого лигнина при двукратном сокращении общей длительности обработки. Наряду с этим удаление полиуглеводных примесей сокращается примерно в 1,5 раза, что обусловлено, очевидно, не только изменением временного параметра, а, прежде всего, присутствием в системе окислителя и известным фактом повышения устойчивости полисахаридов к щелочному гидролизу при окислении их концевых альдегидных групп [5], [6]. Для грубого волокна делигнифицирующие возможности операций сульфитной или хлоритной обработки обуслов-

ливают интенсификацию расщепления всех видов примесей с приближением показателя убыли массы волокна к его максимально допустимому уровню – 20 % [7].

Эффективность анализируемых режимов подготовки ровницы сопоставлена по результатам оценки физико-механических свойств сформированной пряжи, совокупность которых отражает прядильную способность волокна. Характеристики линейной плотности пряжи, ее удельной разрывной нагрузки и коэффициенты вариации по указанным показателям, регламентируемые при определении сортности полуфабриката, оценивали в соответствии ГОСТом 10078–85. Кроме того, контролировали параметры, характеризующие дефектность структуры пряжи и обрывность ровницы в процессе прядения. Анализируемые показатели пряжи при подготовке волокна по различным химическим технологиям представлены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Наименование показателя	Величина показателя для образцов при подготовке волокна по следующим технологическим режимам					
	мягкое	средней мягкости		грубое		
	ЩПО	ЩПО	ОВ	ОВ	ХОВ	ОСВ
Линейная плотность Т, текс	56,2	58,9	56,0	60,0	57,1	58,6
Коэффициент вариации по линейной плотности $C_T$ , %	4,1	6,4	5,1	6,5	4,6	5,9
Удельная разрывная нагрузка $P_0$ , сН/текс	19,3	16,7	17,9	15,4	16,5	16,3
Коэффициент вариации по разрывной нагрузке $C_P$ , %	17,9	21,5	18,2	21,3	18,7	20,5
Сортность пряжи	1ВЛ	1СрЛ	1ВЛ	1ОЛ	1СрЛ	1СрЛ
Количество дефектов $N_d$ , шт/100 м:						
- утолщения > 2d <sub>ср</sub> ,	12	103	73	117	23	91
- утолщения > 1,5d <sub>ср</sub> ,	110	250	204	412	268	376
- утонения < 0,7d <sub>ср</sub>	127	392	348	533	381	493
Обрывность N, обр/100 вер.ч	55	82	76	148	80	101

П р и м е ч а н и е. 1ВЛ, 1СрЛ, 1ОЛ – принятые сокращения для первого сорта и соответствующей группы пряжи: высокая льняная, средняя льняная, обыкновенная льняная.

Видим, что используемый для подготовки мягких видов волокна двухстадийный режим ЩПО обеспечивает

получение льняной пряжи, отвечающей совокупности требований для сорта 1ВЛ. Вместе с тем при переработке сырья

средней мягкости этот способ не позволяет обеспечить придание волокнистому материалу необходимых прядомых свойств, линейная плотность получаемого полуфабриката существенно превышает номинальное значение, задаваемое заправочными параметрами работы прядильного оборудования (56 текс). При этом сформированная пряжа характеризуется высокой неравномерностью: прирост коэффициентов  $C_T$  и  $C_R$  составил соответственно 1,6 и 1,2 раза относительно показателей качества для полуфабриката из мягких видов волокна. По уровню удельной разрывной нагрузки пряжа относится к сорту 1СрЛ. Сопоставление этих результатов с данными полимерного состава волокнистого материала (табл. 1) позволяет отнести наблюдаемое ухудшение качества пряжи к повышенному содержанию лигнина.

Наличие взаимосвязи между этими свойствами материала подтверждают результаты использования при подготовке волокна средней мягкости режима ОВ. Несмотря на присутствие в волокне большего количества пектина и гемицеллюлоз, в сравнении с режимом ЩПО, снижение в 1,4 раза остаточного содержания лигнина обуславливает комплексное улучшение всей совокупности нормируемых показателей качества и соответствие их уровня требованиям для сорта 1ВЛ.

К тому же технологический режим ОВ не обеспечивает эффективной мацерации льняных комплексов при подготовке грубого высоколигнифицированного волокна, и получаемая при этом пряжа характеризуется высокой структурной неравномерностью, что отражают значения коэффициентов  $C_T$  и  $C_R$ . Полуфабрикат относят к самой низкой группе – "обыкновенной льняной". Применение более интенсивных режимов ОСВ и ХОВ позволяет повысить качество пряжи, причем между изменением единичных показателей ее сортности, а также содержанием в волокне полимерных примесей просматриваются вполне очевидные взаимосвязи.

Сравнивая характеристики полуфабрикатов из грубого волокна, прошедшего под-

готовку в режиме ОСВ, и из волокна средней мягкости после ОВ, можно предположить, что в первом случае образец не достигает показателей сорта 1ВЛ не столько из-за небольшого повышения содержания лигнина (табл. 1:  $\Delta L = 0,4$  масс.%), а в немалой степени в связи с низким остаточным содержанием нецеллюлозных полисахаридов. Близкий уровень их содержания наблюдается и после обработки волокна средней мягкости по технологии ЩПО, и совокупность качественных показателей также соответствует сорту 1СрЛ. Вместе с тем повышенное содержание гемицеллюлоз и пектина в образце пряжи из грубого волокна после ХОВ не препятствует достижению уровня единичных показателей качества, отвечающего сорту 1ВЛ. Безусловно, этому также способствует снижение содержания в волокне лигнина до рекордно низкого значения.

Однако следует отметить, что даже при отнесении полученных образцов к 1 сорту группы "высокая льняная" пряжа обладает достаточно высоким количеством структурных дефектов в виде утолщений, превышающих величину среднего ее диаметра  $d_{ср}$ , и утонений. Их наличие является следствием недостаточного расщепления крупных образований связующих веществ (инкрустов и межклетных образований) в структуре лубяного пучка наряду с интенсивным разрушением срединных пластинок между плотно прилегающими элементарными волокнами, что сопровождается элементаризацией волокнистого материала. Слабо расщепленные участки лубяных комплексов не поддаются дроблению в ходе прядения, что приводит к поперечному разрыву группы волокон, входящих в структуру нерасщепленного комплекса. Формируемые участки толстых коротких комплексов в пряже чередуются с утонениями. При этом если присутствие утолщений проявляется, главным образом, в пороках внешнего вида тканого полотна ("шишковатость"), то количество ослабленных (тонких) мест в структуре полуфабриката определяет неудовлетворительный уровень обрывности как в процессах прядения (табл. 2), так и в

последующих процессах многократной перемычки пряжи и ткачества.

Таким образом, результаты исследований объективно свидетельствуют о наличии взаимосвязи между технологическими свойствами химически модифицированных льняных полуфабрикатов и их полимерным составом. Наличие большого количества структурных дефектов пряжи при недостаточной равномерности ее геометрических и физико-механических свойств связано с неоднородностью расщепления льняных комплексов под действием химических реагентов, что обуславливает необходимость дальнейшего совершенствования технологических процессов подготовки льняного волокна к мокрому прядению.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Фридлянд Г.И. Отделка льняных тканей. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982.
2. Пестовская Е.А. Развитие теории и совершенствование технологических процессов мокрого прядения льна. – Иваново: ИГТА, 2010.
3. Иванов А.И. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1986, №4. С. 13...16.
4. Алеева С.В., Кокшаров С.А., Кудряшова Т.Ю. и др. // Химия растительного сырья. – 2008, №3. С.51...54.

5. Pavasars I. et al. // Journal of polymers and environment. – 2003. V.11. N2. P. 39...47.

6. Knill C. J., Kennedy J. F. // Carbohydrate Polymers. – 2003. V.51. N3. P. 281...300.

7. Регламентированные технологические процессы обработки ровницы, пряжи, ткани. – М.: ФГУП ЦНИИЛКА. 1982.

#### REFERENCES

1. Fridljand G.I. Otdelka l'njanyh tkanej. – М.: Legkaja i pishhevaja promyshlennost', 1982.

2. Pestovskaja E.A. Razvitie teorii i sovershenstvovanie tehnologicheskikh processov mokrogo prjadenija l'na. – Ivanovo: IGTA, 2010.

3. Ivanov A.I. // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 1986, №4. S. 13...16.

4. Aleeva S.V., Koksharov S.A., Kudrjashova T.Ju. i dr. // Himija rastitel'nogo syr'ja. – 2008, №3. S.51...54.

5. Pavasars I. et al. // Journal of polymers and environment. – 2003. V.11. N2. P. 39...47.

6. Knill C. J., Kennedy J. F. // Carbohydrate Polymers. – 2003. V.51. N3. P. 281...300.

7. Reglamentirovannye tehnologicheskie processy obrabotki rovnicy, prjazhi, tkani. – М.: FGUP CNIILKA. 1982.

Рекомендована научно-техническим семинаром ИХР РАН. Поступила 02.12.14.

УДК 677.042.2

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СИНТЕТИЧЕСКИХ ПОЛИЭЛЕКТРОЛИТОВ С КИСЛОТНЫМИ КРАСИТЕЛЯМИ

### RESEARCH OF SYNTHETIC POLYELECTROLYTES INTERACTION WITH ACID DYES

Ю.А. РУКАВИШНИКОВА, М.Н. КРОТОВА, Е.Ю. КУВАЕВА, О.И. ОДИНЦОВА  
YU.A. RUKAVISHNIKOVA, M.N. KROTOVA, E.YU. KUVAEVA, O.I. ODINTSOVA

(Научно-исследовательский институт термодинамики и кинетики химических процессов  
Ивановского государственного химико-технологического университета)  
(Research Institute of Thermodynamics and Kinetics of Chemical Processes  
of Ivanovo State Chemical-Technological University)

E-mail: odolga@yandex.ru

*Исследованы закономерности взаимодействия кислотных красителей с новыми синтетическими катионными полиэлектролитами в растворе и на волокне. Рассмотрены вопросы повышения качественных показателей окрасок шерстяных тканей. Показана технологическая целесообразность использования катионных полиэлектролитов в качестве основы препара-*

тов для закрепления окрасок шерстяных текстильных материалов, колорированных кислотными красителями.

*Problems of increase extent of useful application acid dyes, increases of economic and ecological efficiency of processes dyeing are studied. Relationships of acid dyes interaction with new synthetic cationic polyelectrolyte in a solution and on a fibre are investigated. Questions of increase qualitative indicators of colourings of woollen fabrics are considered. The technological suitability of cationic polyelectrolyte use as a basis of preparations for fixation of dyeing in woollen textile materials, dyed by acid dyes is shown.*

**Ключевые слова:** катионный полиэлектролит, кислотный краситель, шерстяная ткань, степень связывания красителя, прочность окраски.

**Keywords:** cationic polyelectrolyte, acid dye, woollen fabric, extent of dye bonding, color fastness.

При крашении шерстяных текстильных материалов традиционно применяют кислотные красители, которые дают окраски широкой гаммы цветов, но в большинстве случаев обладают невысокой устойчивостью к мокрым обработкам и воздействию света. В рамках существующих экологических стандартов и норм на текстильную продукцию актуальной становится задача повышения прочностных характеристик окрасок шерстяных материалов к мокрым обработкам за счет использования бесформальдегидных экологически безопасных закрепителей последнего поколения. В настоящее время в качестве основы та-

ких упрочняющих веществ широкое применение находят катионные полиэлектролиты [1], [2].

Цель настоящего исследования заключалась в оценке эффективности взаимодействия новых синтетических полиэлектролитов с различными кислотными красителями в растворе и на волокне.

Для проведения эксперимента использовали катионные полиэлектролиты (КПЭ), являющиеся новейшими разработками ООО "Химсинтез" (г. Дзержинск), характеристики химического строения которых приведены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

№ п/п	Название полиэлектролита	Описание препарата
1	ВПК-402	Серийный ВПК-402 полидиметилдиаллиламмоний хлорид ПДАДМАХ
2	Образец №2	Продукты поликонденсации эпихлоргидрина и диметиламинопропиламина с различной молекулярной массой $MM_2 < MM_3 < MM_4$ . Обладают высоким зарядом, в 2 раза выше, чем у ПДАДМАХ, на единицу массы 100% вещества.
3	Образец №3	
4	Образец №4	
5	Образец №5	Продукт, полученный путем предварительной конденсации мочевины и диметиламинопропиламина с последующей поликонденсацией образовавшегося продукта с эпихлоргидрином
6	Образец №6	Продукт совместной конденсации диметиламина, диметиламинопропиламина и эпихлоргидрина

При изучении эффективности взаимодействия кислотных красителей различных марок с катионными полиэлектролитами были сняты и проанализированы спек-

тральные кривые кислотных красителей различного химического строения, полученные при добавлении к их растворам катионных полиэлектролитов.

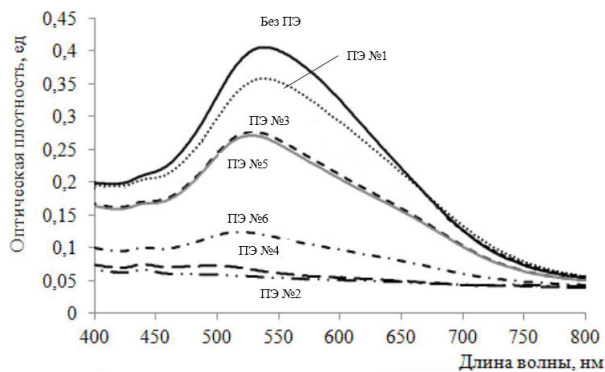


Рис. 1

На рис.1 изображены спектры поглощения раствора кислотного синего К ( $C_{кр}=1,4 \cdot 10^{-4}$  моль/л) в присутствии КПЭ в концентрации 0,1 г/л, а на рис. 2 – спектры поглощения раствора кислотного синего К в присутствии КПЭ в концентрации 0,3 г/л. В обоих случаях при использовании полиэлектролитов происходит существенное снижение интенсивности полос поглощения света красителем, что является характерным признаком его ассоциации на полимерной цепи. Вероятно, одна макромолекула полимера взаимодействует с несколькими молекулами красителя. Анализ полученных спектральных кривых показывает, что существенное влияние на состояние кислотных красителей в растворе оказывают концентрации полиэлектролитов и их химическое строение, максимальный гипохромный эффект достигается с помощью катионных полиэлектролитов – №2 и №4 в концентрации 0,1 г/л.

Для оценки степени связывания противоположно заряженных красителей и полиэлектролитов были сняты спектрофотометрические кривые растворов, характеризующихся постоянной концентрацией кислотных красителей и переменным содержанием КПЭ.

На рис.3 представлены данные, иллюстрирующие зависимость оптической плотности раствора кислотного зеленого антрахинонового от содержания катионных полиэлектролитов различного химического строения. Полученные зависимости  $D=f(C_{кпэ})$  имеют однотипный характер и проходят через минимум. Точка минимума такой кривой ( $C_{эф}$ ) объясняется увеличением количества нерастворимого сте-

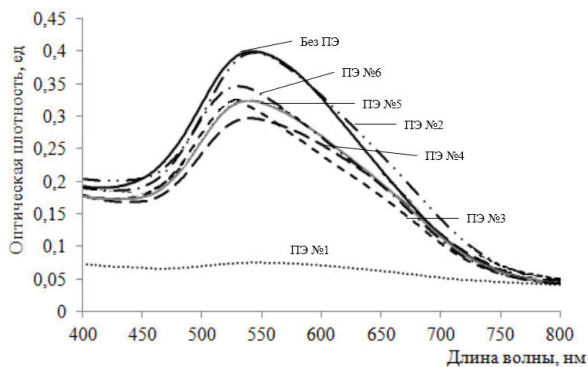


Рис. 2

хиометрического комплекса полимер-краситель (КПК), образующегося в результате электростатического связывания анионов красителя катионными центрами макромолекул полиэлектролита, и характеризуется появлением в рассматриваемой системе новой фазы в виде осадка. Это обуславливает возможность применения КПЭ в качестве закрепителей окрасок шерстяных текстильных материалов.

При рассмотрении действия на состояние красителя в растворе полиэлектролитов марки ПК №2-4, одинаковых по строению, но отличающихся значениями молекулярных масс, можно отметить, что увеличение молекулярных масс образцов ( $MM_2 < MM_3 < MM_4$ ) уменьшает количество образовавшегося стехиометрического КПК кислотного зеленого антрахинонового с этими препаратами. В качестве критерия оценки эффективности используемых препаратов предложен показатель степени связывания красителя полиэлектролитом, определяемый по формуле:

$$\Phi = [(D_0 - D_x) / D_0] \cdot 100 \%,$$

где  $D_0$  – значение оптической плотности раствора красителя концентрации  $C$ , не содержащего КПЭ;  $D_x$  – значение минимальной оптической плотности раствора красителя концентрации  $C$ , с добавлением КПЭ концентрацией  $C_{эф}$ .

Максимальный эффект связывания рассматриваемого кислотного красителя достигается в случае использования образца № 2, характеризующегося наименьшей молекулярной массой. Наименее эффективным является использование серийного



образца полидиметилдиаллиламмоний хлорида, который имеет заряд в 2 раза ниже, по сравнению с образцами серии ПК (образцы 2...4, рис. 3).

Дальнейшее изучение действия полиэлектролитов было проведено на широком ассортименте кислотных красителей. В табл.2 приведены данные, характеризующие взаимосвязь химического строения кислотных красителей и их способности к взаимодействию с катионными полиэлектролитами различной природы в растворе.

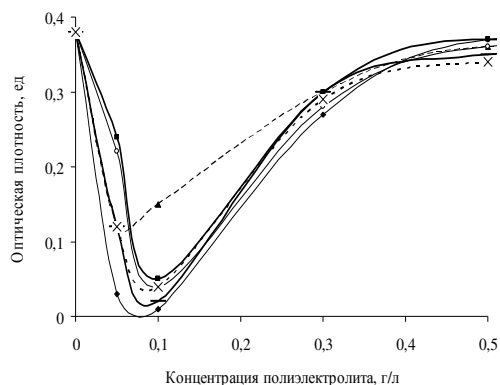


Рис. 3

Таблица 2

Наименование красителя	Номенклатурная группа красителя	Число сульфогрупп	Молекулярная масса	Образец КПЭ	Степень связывания красителя $\Phi$ , %, при концентрации ПЭ	
					0,1 г/л	0,3 г/л
Кислотный зеленый антрахиноновый	Антрахиноновый	2	623	1	86,8	21,1
				2	<b>97,4</b>	<b>29,0</b>
				3	60,5	21,1
				4	94,7	21,1
				5	89,5	26,3
				6	89,5	23,7
Кислотный ярко-синий антрахиноновый	Антрахиноновый	2	679	1	78,6	<b>99,9</b>
				2	<b>93,5</b>	75,0
				3	88,1	78,6
				4	90,5	67,9
				5	86,9	92,9
				6	89,3	77,4
Кислотный синий К	Дисазокраситель	2	695	1	11,9	<b>81,5</b>
				2	<b>86,4</b>	1,0
				3	32,6	21,3
				4	<b>84,2</b>	25,8
				5	33,8	19,0
				6	70,6	14,5
Кислотный алый	Моноазокраситель	2	480	1	8,7	76,8
				2	<b>31,7</b>	71,5
				3	17,6	<b>88,8</b>
				4	23,0	85,7
				5	15,3	88,3
				6	<b>52,1</b>	63,9
Кислотный бордо	Моноазокраситель	2	502	1	25,6	60,4
				2	<b>54,7</b>	48,1
				3	31,5	<b>70,3</b>
				4	35,5	67,5
				5	29,3	58,7
				6	<b>38,4</b>	<b>77,2</b>

Анализ результатов, представленных в табл. 2, показывает, что эффективность образования стехиометрического комплекса полиэлектролит – краситель определяется не только природой катионного полиэлектролита, но и химическим строением

кислотного красителя. Об этом свидетельствует тот факт, что максимальная степень связывания моноазокрасителей достигается при концентрации ПЭ в системе 0,3 г/л, тогда как для эффективного связывания остальных красящих веществ достаточно

0,1 г/л КПЭ. При этом показатель степени связывания для моноазокрасителей в среднем на 24,2% ниже, чем для дисазокрасителя, и на 59% меньше по сравнению с антрахиноновыми красителями. Таким образом, можно утверждать, что определяющим фактором при связывании кислотных красителей катионными полиэлектролитами является величина заряда последних и строение кислотных красителей.

В соответствии с рекомендуемой технологией полиэлектролит вводили в последнюю промывочную машину в концентрации 3...5 г/л, температура раствора 20°C, после чего текстильный материал сушили.

Проведена сравнительная оценка технических результатов крашения шерстяного материала, обработанного катионными полиэлектролитами.

Соответствующие данные представлены в табл.3, из которых следует, что ис-

пользование всех без исключения препаратов позволяет улучшить прочностные характеристики окрасок к стирке в среднем на 1...1,5 балла.

Значительного увеличения устойчивости окрасок к поту не наблюдается, что, вероятно, вызвано возросшими показателями интенсивности окрасок образцов при использовании катионных полиэлектролитов. Лучшую закрепляющую способность красителя на текстильном материале полиэлектролитов № 5 и № 6 можно объяснить наличием большего количества остатков эпихлоргидрина при синтезе этих препаратов по сравнению с образцами № 2...4, являющимися продуктами поликонденсации эпихлоргидрина и диметиламинопропиламина с соотношением реагентов 1:1 по молям, то есть полученных по реакции, сопровождающейся практически полным связыванием эпихлоргидрина.

Таблица 3

Наименование полиэлектролита	Интенсивность окраски шерстяной ткани K/S, ед.	Устойчивость окрасок, балл, к	
		стирке №1	поту
Исходный образец	14,6	4/2	4/4
№ 1(ВПК-402)	18,2	4/3	4/3
№ 2	17,5	4/4	4/4
№ 3	16,3	4/4	4/3-4
№ 4	17,5	4/3-4	4/3-4
№ 5	18,2	4/4	4/4
№ 6	16,84	4/4	4/4-5

## ВЫВОДЫ

1. Установлено, что поведение кислотных красителей в присутствии катионного полиэлектролита зависит от количественного соотношения компонентов в растворе.

2. Эффективность взаимодействия кислотных красителей с КПЭ определяется строением красителя и катионного полиэлектролита, а также молекулярной массой, концентрацией и плотностью заряда последнего.

3. Показано, что оптимальные технические результаты колорирования шерстяных текстильных материалов достигаются при использовании полиэлектролита № 2, №5 и №6.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Одинцова О.И.* Синтетические полиэлектролиты и особенности их взаимодействия с ПАВ // Изв. вузов. Химия и химическая технология. – 2009. Т.52, № 8. С.3...11.
2. *Куваева Е.Ю., Одинцова О.И., Кротова М.Н.* Способы и препараты, повышающие прочностные показатели окрасок текстильных материалов, колорированных прямыми красителями. – М., 17с. Деп. в ВИНТИ 24.02.2004. № 304.
3. *Одинцова О.И.* Научные принципы создания и применения текстильных вспомогательных веществ на основе синтетических полиэлектролитов и ПАВ: Дис....докт. техн. наук. – Иваново, 2009.

## REFERENCES

1. *Odinцова O.I.* Sinteticheskie polielektrolity i osobennosti ih vzaimodejstviya s PAV // Izv. vuzov. Himija i himicheskaja tehnologija. – 2009. T.52, № 8. S.3...11.

2. Kuvaeva E.Ju., Odincova O.I., Krotova M.N. Sposoby i preparaty, povyshajushhie prochnostnye pokazateli okrasok tekstil'nyh materialov, kolorirovannyh prjamymi krasiteljami. – M., 17s. Dep. v VINITI 24.02.2004. № 304.

3. Odincova O.I. Nauchnye principy sozdanija i primeneniya tekstil'nyh vspomogatel'nyh veshhestv na

osnove sinteticheskikh polijelektrolitov i PAV: Dis....dokt. tehn. nauk. – Ivanovo, 2009.

Рекомендована кафедрой химической технологии волоконистых материалов. Поступила 03.04.15.

УДК 677.017

**МЕТОД НАНОМОДИФИЦИРОВАНИЯ  
НАТУРАЛЬНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ  
КОЛЛОИДНЫМ РАСТВОРОМ НАНОЧАСТИЦ СЕРЕБРА\***

**METHOD OF NANOMODIFICATION  
OF NATURAL TEXTILE MATERIALS  
BY SOLUTION OF COLLOIDAL SILVER NANOPARTICLES**

*B.B. ХАММАТОВА*  
*V.V. КНАММАТОВА*

(Казанский национальный исследовательский технологический университет)  
(Kazan National Research Technological University)  
E-mail: venerabb@mail.ru

*В статье рассматриваются вопросы, связанные с разработкой метода наномодифицирования натурального текстильного материала с использованием коллоидного раствора наночастиц серебра. Исследованы стойкость наномодифицированных материалов к воздействию тест-культур и механическим характеристикам, необходимым при эксплуатации изделий специального назначения.*

*This article discusses issues related to the development of a method of nanomodification of natural textile colloid solution with silver nanoparticles. Nanomodified studied resistance of materials to the effects of the test cultures and mechanical characteristics required in the operation of special purpose products.*

**Ключевые слова:** плазма, наномодифицирование, коллоидный раствор, текстильный материал, наночастицы серебра.

**Keywords:** plasma, nanomodification, colloid solution, textile silver, nanoparticles.

Исследователи многих стран изучают и разрабатывают методы борьбы с грибно-

выми инфекциями, возникающими во влажном пространстве одежды, и практи-

\* Проект выполняется в организации исполнителя (Получателе субсидии) при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в соответствии с требованием соглашения №14.577.21.0019 о предоставлении субсидии на проведение прикладных научных исследований. Уникальный идентификатор прикладных научных исследований (проекта) RFMEFI57714X0019.

чески все они основываются на пропитке материалов специальными противомикробными препаратами [1], [2].

В настоящее время существуют методы борьбы с грибковыми инфекциями за счет использования наномодифицированных текстильных материалов с применением наночастиц серебра, которые используются как биоцидная добавка – в форме модификатора, предназначенного для создания и производства новых материалов, покрытий и других видов продукции с биоцидными свойствами широкого спектра действия. Наночастицы серебра, как и другие наночастицы, характеризуются уникальными свойствами, связанными с высоким отношением их поверхности к объему, что определяет большую эффективность их действия [3].

В случае применения частиц серебра ткани приобретают свойство бактерицидности. В ряде случаев на ткань можно наносить наночастицы серебра, которые способны поглощать излучение в определенной области длин волн. Это позволит производить ткани для спецодежды, защищающей, например от СВЧ-излучения, что особенно важно для военнослужащих. Но проблема взаимодействия наночастиц серебра с волокнами текстильных материалов, разработка способов их закрепления на тканях таким образом, чтобы не терялись их полезные свойства, остается пока нерешенной.

Большое внимание уделяется функциональной активности наночастиц серебра с точки зрения придания не только бактерицидных, но и бактериостатических свойств различным материалам и изделиям из них. Наночастицы наиболее эффективны для уничтожения болезнетворных микроорганизмов при размере частиц серебра 9...15 нм, имеют чрезвычайно большую удельную площадь поверхности, что увеличивает область контакта серебра с бактериями, значительно улучшая его бактерицидные действия [4].

Антибактериальный эффект препаратов на основе серебра сильнее действия карболовой кислоты при одинаковых концентрациях. Антибактериальные препараты на

основе наночастиц серебра обладают фунгицидным действием при концентрации 0,1 мг/дм<sup>3</sup> [5]. Действие растворов серебра при одинаковых концентрациях эффективнее действия хлора, хлорной извести, гипохлорида натрия и других сильных окислителей. Растворы серебра являются наиболее эффективным средством при непосредственном соприкосновении с поверхностями, гноящимися и воспаленными, вследствие бактериального заражения.

Бактерицидная добавка на основе наночастиц серебра является одним из последних достижений отечественной науки в области нанобиотехнологий. В наноразмерном состоянии частицы серебра приобретают новые свойства и становятся в биологическом отношении весьма активными. Таким образом, применение серебра в виде наночастиц позволяет в сотни раз снизить концентрацию серебра с сохранением всех бактерицидных свойств. Активное использование нанокompозитов серебра для пропитки материалов, выпускаемых легкой промышленностью, обусловлено их значительными и неоспоримыми преимуществами перед всеми существующими антимикробными средствами, поскольку соединения серебра, обладая широким спектром антимикробной активности, во многом лишены недостатков, связанных с проблемой резистентности к ним патогенных микроорганизмов [6].

Анализ препаратов, используемых для придания антибактериальных свойств текстильным материалам, показал, что высокой антимикробной активностью, широким спектром антибактериального действия, а вместе с этим отсутствием деструктирующего влияния на материалы и экологической безопасностью обладают антибактериальные препараты, содержащие наночастицы серебра [7]. Кроме того, они не являются токсичными в тех концентрациях, которые обеспечивают стабильный антибактериальный эффект. При этом важным является разработка метода нанесения и закрепления антибактериального препарата на поверхности кожевенных и текстильных материалов, так как это является необходимым для получения ан-

тибактериальных материалов, производящихся легкой промышленностью, много-разового использования с устойчивыми во времени свойствами.

Одним из современных методов наномодифицирования поверхности натуральных текстильных материалов является их обработка коллоидным раствором наночастиц серебра, а затем их закрепление в потоке неравновесной низкотемпературной плазмы (ННТП) пониженного давления.

В данной работе проведены исследования влияния коллоидного раствора наночастиц серебра на стойкость натуральных текстильных материалов, которые применяются при производстве одежды специального назначения. Состав коллоидного раствора серебра состоял из нитрата серебра  $\text{AgNO}_3$ , аммиака водного  $\text{NH}_4\text{OH}$ , воды бидистиллированной, полиакриловой кислоты и полиакрилата натрия.

Объектом исследования являлась ткань "Премьер Cotton 300", артикул 10408, состав 100% хлопок, пропитанная маслодоотталкивающей пропиткой.

Для оценки стойкости образцов натуральных текстильных материалов, наномодифицированных коллоидным раствором наночастиц серебра, с закреплением затем потоком неравновесной низкотемпературной плазмы (ННТП) пониженного давления, использовали стандартный метод исследования чувствительности микроорганизмов к действию антибиотиков и антисептиков на твердых питательных средах (диффузионный метод бумажных дисков).

Метод наномодифицирования основан на диффузии антисептика в толщу агара и образовании так называемых зон ингибиции. Антимикотическую и антибактериальную активность образцов исследовали на тест-культурах патогенной и условно-патогенной микрофлоры. В работе использовали музейные штаммы: *Escherichia coli* O55, *Salmonella paratyphi* B, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC-9027, *Staphylococcus aureus* 6538-Ps, *Candida albicans*. Суточные культуры музейных штаммов стандартизовали до оптической плотности 0,5 по Мак Фарланду ( $1,5 \times 10^8$  КОЕ/мл). Чашки Петри с питательной средой Сабуро (для *Candida albicans*) и Мюллера-Хинтона для всех остальных микроорганизмов засеивали отстандартизованными взвесями тест-культур, используя тампон. Через 5 минут на поверхность инокулированных чашек раскладывали носители, пропитанные разными концентрациями серебра, обработанной поверхностью на взвесь микроорганизмов. Через 24...48 часов при инкубации  $37^\circ\text{C}$  оценивали величину зоны задержки роста микроорганизмов (зоны ингибиции).

Результаты исследования влияния стойкости к микроорганизмам образцов тканей "Премьер Cotton 300", артикул 10408 под воздействием тест-культуры *Bacillus subtilis* представлены на рис. 1 (а) – контрольный образец, б) – наномодифицированный образец), а тест-культуры *Escherichia coli* – на рис. 2 (а) – контрольный образец, б) – наномодифицированный образец).



а)



б)

Рис. 1



а)



б)

Рис. 2

Используемые в данном исследовании тест-культуры *Bacillus subtilis* и *Escherichia coli* традиционно являются модельными, имеют общее происхождение, механизмы хранения и реализацию наследственной информации, а также схожесть метаболизма с микроорганизмами, присутствующими в микрофлоре человека. Исследования, проведенные на модельных тест-культурах, позволяют утверждать, что полученные текстильные материалы, наномодифицированные в коллоидном растворе наночастиц серебра, обладают антибактериальными свойствами по отношению к патогенной микрофлоре.

Одним из основных показателей, определяющих стойкость наномодифицированных материалов с содержанием натуральных волокон к воздействию тест-культур, являются механические характеристики, такие как разрывная нагрузка и стойкость к истиранию [8]. Стандартный метод экспериментальной оценки разрывной нагрузки материалов (ГОСТ 3813–72) позволяет определить их выносливость, то есть устойчивость к действию многоцикловых нагрузок. Величина стойкости к истиранию на изгибах и поверхности образцов тканей измерялась в соответствии с ГОСТом 9913–90. Материалы текстильные. Методы определения стойкости к истиранию и осуществлялась с помощью прибора МТ191 на контрольном образце и образце, наномодифицированном коллоидным раствором наночастиц серебра.

Экспериментальные исследования разрывной нагрузки ткани "Премьер Cotton 300", артикул 10408 проводились после наномодифицирования коллоидным раствором наночастиц серебра и закрепления

ННТП в режиме: расход газа ( $G_{\text{воздух}} = 0,04$  г/с, давление в вакуумной камере ( $P_{\text{к}} = 21$  Па, потребляемая мощность ( $P_{\text{потр}} = 3,5$  кВт и время обработки ( $\tau = 1$  м/мин. Испытания образцов тканей проводились с применением современного оборудования – разрывной машины МТ110-5. Результаты исследований представлены на рис. 3 (разрывная нагрузка ткани "Премьер Cotton 300", артикул 10408 после наномодифицирования коллоидным раствором наночастиц серебра).

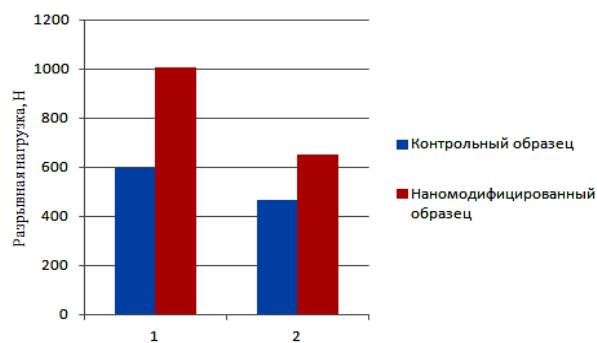


Рис. 3

На основе проведенных исследований установлено, что максимальные показатели разрывной нагрузки увеличиваются в результате наномодифицирования коллоидным раствором наночастиц серебра и ННТП, при времени обработки 1 м/мин в плазмообразующем газе – воздух. При этом разрывная нагрузка повышается на 66,6% по основе и 46,5% – по утку ткани относительно контрольных образцов, что связано с уплотнением структуры целлюлозосодержащих волокон и закреплением коллоидного раствора наночастиц серебра в межволоконном пространстве.

На основе полученных результатов и анализа табл. 1 (изменение стойкости к истиранию наномодифицированных образцов текстильных материалов "Премьер Cotton 300" (состав 100% хлопок)) установлено, что стойкость к истиранию ис-

следуемых образцов текстильного материала после наномодифицирования коллоидным раствором наночастиц серебра увеличивается в два раза относительно контрольных образцов.

Т а б л и ц а 1

Мощность разряда $W_p$ , кВт	Стойкость к истиранию текстильного материала*, циклы при давлении в вакуумной камере $P_k$ (Па)			
	$P_k = 18$	$P_k = 20$	$P_k = 22$	$P_k = 24$
2,0	6 200	6 900	6 500	6 300
2,5	6 700	7 900	7 500	7 200
3,0	7 200	8 300	8 100	7 700
3,5	7 400	<b>9 000</b>	<b>9 000</b>	8 200
4,0	7 200	7 400	7 500	7 300
4,5	6 600	7 100	7 400	7 000
Контрольный образец	4 000			

Значения полученных показателей стойкости к истиранию образцов текстильного материала "Премьер Cotton 300" (состав 100% хлопок)\* (табл. 1), наномодифицированных коллоидным раствором наночастиц серебра, также зависят от вида и состава применяемых текстильных волокон, их строения, истираемой поверхности материалов. Увеличение стойкости к истиранию образцов происходит за счет уплотнения надмолекулярной структуры хлопковых волокон после наномодифицирования коллоидным раствором наночастиц серебра и их закрепления потоком ННТП пониженного давления.

Таким образом, данный комбинированный метод наномодифицирования текстильных материалов коллоидным раствором наночастиц серебра, а затем закрепления потоком ННТП пониженного давления позволяет не только повышать бактерицидные свойства, но и упрочнять и повышать стойкость к истиранию исследуемой ткани, которая применяется при производстве одежды специального назначения.

## ВЫВОДЫ

1. Установлено, что наномодифицирование текстильных материалов коллоидным раствором наночастиц серебра является новым перспективным способом бактерицид-

ной обработки материалов, выпускаемых текстильной промышленностью, что позволяет улучшить их антибактериальные и механические свойства. При употреблении ионных растворов серебра не только уничтожаются болезнетворные бактерии и вирусы, но и активизируются обменные процессы в организме человека, повышается его иммунитет. В суточном рационе человека должно содержаться в среднем 80 мкг серебра. Ионы серебра выступают в роли защитников, уничтожая болезнетворные бактерии, вирусы, грибки.

2. Проведение исследований по применению коллоидного раствора наночастиц серебра при наномодифицировании тканей, а затем их закрепление потоком ННТП пониженного давления актуально и способствует производству более качественных текстильных материалов для одежды специального назначения.

3. Максимальные показатели разрывной нагрузки увеличиваются в результате обработки коллоидным раствором наночастиц серебра + ННТП на 40,74% по основе и 34,44% – по утку ткани, а стойкость к истиранию увеличивается в 2 раза относительно контрольных образцов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Зуй Г.И., Терентьев В.И. К профилактике микозов стоп в гарнизоне // Военно-медицинский журнал. – 1987, №3. С.59...60.

2. Чиж И.М. Актуальные проблемы охраны здоровья личного состава вооруженных сил // Военно-медицинский журнал. – 1987, №8. С.4...12.

3. Туйсин С.Р. Лечение длительно незаживающих ран путем применения комбинированных перевязочных материалов //Фундаментальные исследования. – 2010, № 1. С. 91...94.

4. Букина Ю.А., Сергеева Е.А. Антибактериальные свойства и механизм бактерицидного действия наночастиц и ионов серебра // Вестник Казанского технологического университета. – 2012, №14. С.170...172.

5. Chen X., Schluesener H.J. Nanosilver: a nano-product in medical application // Toxicology letters. – 2008. Vol. 176, № 1. P. 1...12.

6. Супотницкий М.В. Механизмы развития резистентности к антибиотикам у бактерий // Биопрепараты. – 2011, № 2. С. 44.

7. Мосин О.В. Физиологическое воздействие наночастиц серебра на организм человека // NanoWeek. – 2008, № 3. С. 34...37.

8. Хамматова Э.А. Повышение механических свойств многофункциональных текстильных материалов для производства изделий специального назначения //Иzv. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2014, №5. С. 44...48.

#### REFERENCES

1. Zuj G.I., Terent'ev V.I. K profilaktike mikofov stop v garnizone // Voенно-медицинский журнал. – 1987, №3. С.59...60.

2. Chizh I.M. Aktual'nye problemy ohrany zdorov'ja lichnogo sostava vooruzhennyh sil // Voенно-медицинский журнал. – 1987, №8. С.4...12.

3. Tujsin S.R. Lechenie dlitel'no nezazhivajushhih ran putem primeneniya kombinirovannyh perevjazochnyh materialov //Fundamental'nye issledovanija. – 2010, № 1. С. 91...94.

4. Bukina Ju.A., Sergeeva E.A. Antibakterial'nye svojstva i mehanizm baktericidnogo dejstvija nanochastic i ionov serebra // Vestnik Kazanskogo tehnologicheskogo universiteta. – 2012, №14. С. 170...172.

5. Chen X., Schluesener H.J. Nanosilver: a nano-product in medical application // Toxicology letters. – 2008. Vol. 176, № 1. P. 1...12.

6. Supotnickij M.V. Mehanizmy razvitija rezistentnosti k antibiotikam u bakterij // Biopreparaty. – 2011, № 2. С. 44.

7. Mosin O.V. Fiziologicheskoe vozdejstvie nanochastic serebra na organizm cheloveka // NanoWeek. – 2008, № 3. С. 34...37.

8. Hammatova Je.A. Povyshenie mehanicheskikh svojstv mnogofunkcional'nyh tekstil'nyh materialov dlja proizvodstva izdelij special'nogo naznachenija //Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2014, №5. С. 44...48.

Рекомендована кафедрой дизайна. Поступила 05.10.15.

УДК 677.499

## ПОЛУЧЕНИЕ ВОЛОКНИСТЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ С АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫМИ СВОЙСТВАМИ ПУТЕМ МОДИФИКАЦИИ ИХ ПОВЕРХНОСТИ НАНОЧАСТИЦАМИ СЕРЕБРА

### CREATION OF THE FIBROUS TEXTILE MATERIALS WITH ANTIBACTERIAL PROPERTIES BY MODIFYING THE SURFACE OF NANOPARTICLES OF SILVER

*Е.А. СЕРГЕЕВА, Ю.А. ТИМОШИНА*  
E.A. SERGEEVA, YU.A. TIMOSHINA

(Казанский национальный исследовательский технологический университет)  
(Kazan National Research Technological University)  
E-mail: katserg@rambler.ru, ybuki@mail.ru

*Работа направлена на решение актуальной проблемы модификации текстильных материалов с целью придания им антибактериальных свойств путем обработки их потоком неравновесной низкотемпературной плазмы. Эффективно изменяя физические и поверхностные свойства*



*текстильных полотен, плазменная модификация позволяет решить проблему нанесения антибактериального препарата на поверхность материалов, а также устойчивого закрепления нанесенного в процессе модификации антибактериального вещества на поверхность текстильного материала.*

*Work is directed on actual problem decision of textile materials the purpose of imparting antibacterial properties by treating them with a stream of non-equilibrium low-temperature plasma. Effectively changing the physical properties and surface of textile fabrics, plasma modification can solve the problem of drug deposition on the surface of the antibacterial material, and fixing the damage sustained in the process of modification of the antibacterial agent on the textile surface.*

**Ключевые слова:** текстильный материал, наночастица серебра, низкотемпературная плазма.

**Keywords:** textile material, silver nanoparticles, low-temperature plasma.

В настоящее время из-за сложного экологического состояния окружающей среды и общего снижения уровня иммунитета у населения возникает необходимость в разработке принципиально новых санитарно-гигиенических мероприятий и профилактических методов. Одним из направлений в решении этого вопроса является создание текстильных материалов и изделий легкой промышленности, обладающих антибактериальными свойствами. В развитии промышленности антибактериального текстиля на сегодняшний день одним из динамично развивающихся направлений является разработка трикотажных материалов и изделий, предназначенных для использования в экстремальных условиях эксплуатации, для занятий спортом и активного отдыха, а также нетканых материалов для производства одноразовых медицинских изделий.

Основным методом придания антибактериальных свойств текстильным материалам является применение антимикробных препаратов (биоцидов). Препараты на основе наночастиц серебра имеют ряд преимуществ, среди которых эффективность воздействия против наиболее распространенных микроорганизмов, нетоксичность применяемых концентраций биоцида для человеческого организма, а также невысокая стоимость биоцидов на основе наноча-

стиц серебра, которая не должна привести к значительному удорожанию готового изделия с антибактериальными свойствами. Обработка неравновесной низкотемпературной плазмой, эффективно изменяя физические и поверхностные свойства текстильных полотен, позволяет решить проблему нанесения антибактериального препарата на поверхность материалов, а также устойчивого закрепления нанесенного в процессе модификации антибактериального вещества на поверхность текстильного материала.

Входящие в состав текстильных материалов синтетические волокна в силу своей природы обладают недостаточной гидрофильностью, что препятствует эффективной и равномерной пропитке данных материалов антибактериальным препаратом, выпускаемым в форме водного коллоидного раствора наночастиц серебра. Поэтому для получения антибактериальных трикотажных и нетканых волокнистых материалов смешанного и синтетического состава остается проблема регулирования показателей их поверхностных свойств, а именно показателей гидрофильности поверхности. Для исследования влияния плазменной модификации на гидрофильные свойства трикотажных и нетканых материалов определяли показатели капиллярности и смачи-

ваемости, а именно высоту подъема столба жидкости по материалу и краевой угол смачивания материалов [1].

Наибольшее повышение показателей капиллярности и смачиваемости для трикотажного полотна 1 достигается при обработке в среде аргона, для трикотажного полотна 2 – воздуха, для нетканого полотна – в смеси газов аргон-азот в соотношении 70:30 соответственно. В названных газах высота подъема жидкости для трикотажного полотна 1 увеличивается в 1,7 раза; трикотажного полотна 2 – в 5,5 раза; нетканого полотна – в 40 раз (рис. 1 – изменение капиллярности трикотажных и нетканых материалов до и после обработки в плазме в оптимальных режимах: для трикотажного полотна 1 –  $W_p=1,4$  кВт;  $P=26,6$  Па;  $t=180$  с;  $G_{Ar}=0,04$  г/с; для трикотажного полотна 2 –  $W_p=1,8$  кВт;  $P=26,6$  Па;  $t=180$  с;  $G_{возд}=0,04$  г/с; для нетканого полотна –  $W_p=1,4$  кВт,  $P=26,6$  Па;  $t=180$  с;  $G_{Ar/N(70/30)}=0,04$  г/с).

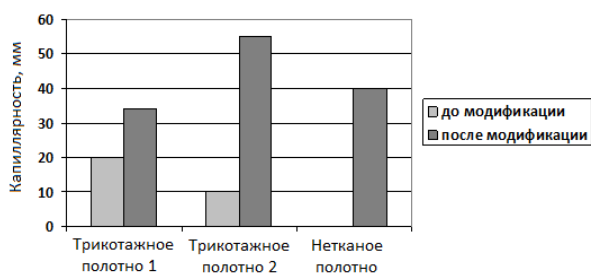


Рис. 1

Краевой угол смачивания немодифицированного трикотажного полотна 1 составляет  $109^\circ$ , трикотажного полотна 2... $112^\circ$ , нетканого полотна –  $118^\circ$ . После обработки текстильных материалов плазмой ВЧЕ-разряда пониженного давления значение краевого угла смачивания для трикотажных полотен 1 и 2 составляет  $45^\circ$  и  $36^\circ$  соответственно, а на поверхности нетканого материала происходит полное растекание капли и краевой угол смачивания не определяется.

Для эффективного закрепления наночастиц серебра на поверхности трикотажных и нетканых материалов проводилась повторная обработка в смеси плазмообразу-

ющих газов аргон – пропан-бутан (70:30), целесообразность применения которой обоснована ранее проведенными исследованиями [2], [3]. Режим плазменной модификации, в котором сохраняется максимальное количество серебра на поверхности материалов, устанавливался путем варьирования мощности разряда (рис. 2 – зависимость количества серебра на поверхности образцов после 5 циклов стирки с ПАВ (для трикотажных полотен) и цикла газовой стерилизации (для нетканого полотна) от мощности разряда ( $P=26,6$  Па;  $t=180$  с;  $G_{Ar/Pr/B}=0,04$  г/с)) и продолжительности плазменной обработки.

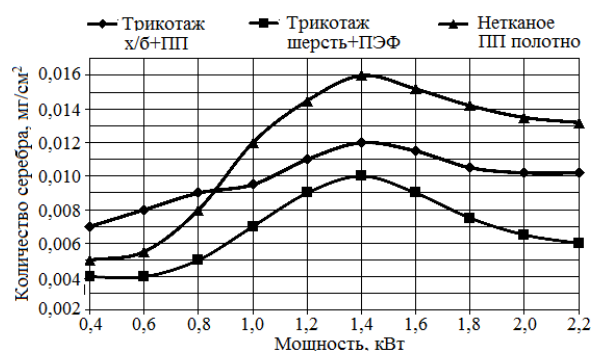


Рис. 2

Количество серебра в модифицированных образцах до их промывки и газовой стерилизации составляет для трикотажа х/б+ПП –  $0,012$  мг/см<sup>2</sup>, для трикотажа шерсть+ПЭФ –  $0,010$  мг/см<sup>2</sup>, для нетканого ПП полотна –  $0,017$  мг/см<sup>2</sup>.

Установлен режим обработки трикотажных и нетканых материалов:  $W_p=1,4$  кВт;  $t=180$  с;  $P=26,6$  Па;  $G_{Ar/Pr/B}=0,04$  г/с, препятствующий вымыванию наночастиц серебра с поверхности трикотажных материалов в процессе их эксплуатации и стирки, а нетканых материалов в процессе их предэксплуатационной газовой стерилизации. Тогда как у образцов без повторной плазменной обработки после 5 циклов стирки происходит вымывание содержащегося на их поверхности серебра на 42% и 60% – для трикотажа х/б+ПП и трикотажа шерсть+ПЭФ соответственно, а для необработанного нетканого ПП материала после цикла газовой стерилизации количество серебра уменьшается на 18%.

## ВЫВОДЫ

1. Выявлено, что применение обработки неравновесной низкотемпературной плазмой позволяет эффективно нанести биоцид на поверхность синтетических текстильных материалов, а также устойчиво закрепить нанесенные наночастицы серебра в поверхностном слое материалов.

2. Проведенные исследования модифицированных материалов на тест-культурах микроорганизмов *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli* O55, *Salmonella paratyphi* B, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC-9027, *Staphylococcus aureus* 6538-Ps и *Candida albicans* позволяют утверждать, что модификация текстильных материалов наночастицами серебра с применением плазменной обработки дает возможность получения материалов, обладающих устойчивыми антибактериальными и бактериостатическими свойствами.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Сергеева Е.А. Регулирование свойств полиолефиновых волокон и нитей с помощью неравновесной низкотемпературной плазмы // Химические волокна. – 2010, №3. С. 24.

2. Букина Ю.А., Сергеева Е.А. Антибактериальные свойства и механизм бактерицидного действия наночастиц и ионов серебра // Вестник Казанского технологического университета. – 2012, №14. С.170...172.

3. Абдуллина В.Х., Сергеева Е.А., Абдуллин И.Ш., Тихонова В.П. Гидрофилизация полипропиленовой пленочной нити низкотемпературной плазмой пониженного давления // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2009, № 4С. С. 129...131.

## REFERENCES

1. Sergeeva E.A. Regulirovanie svojstv poliolefinovykh volokon i nitej s pomoshh'ju neravnovesnoj nizkotemperaturnoj plazmy // Himicheskie volokna. – 2010, №3. S. 24.

2. Bukina Ju.A., Sergeeva E.A. Antibakterial'nye svojstva i mehanizm baktericidnogo dejstvija nanochastic i ionov serebra // Vestnik Kazanskogo tehnologicheskogo universiteta. – 2012, №14. S. 170...172.

3. Abdullina V.H., Sergeeva E.A., Abdullin I.Sh., Tihonova V.P. Gidrofilizacija polipropilenovoj plenochnoj niti nizkotemperaturnoj plazmoj ponizhenogo davlenija // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2009, № 4S. S. 129...131.

Рекомендована кафедрой плазмохимических и нанотехнологий высокомолекулярных материалов. Поступила 02.10.15.

УДК 677.014

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЛАЗМЫ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО ЕМКОСТНОГО РАЗРЯДА ПОНИЖЕННОГО ДАВЛЕНИЯ В ОТДЕЛКЕ ТРИКОТАЖНЫХ ПОЛОТЕН\*

## THE USING OF LOW PRESSURE PLASMA OF HIGH CAPACITIVE DISCHARGE IN THE FINISHING OF KNITTED CLOTHS

А.А. АЗАНОВА, И.Ш. АБДУЛЛИН, Г.Н. НУРУЛЛИНА  
A.A. AZANOVA, I.SH. ABDULLIN, G.N. NURULLINA

(Казанский национальный исследовательский технологический университет)  
(Kazan National Research Technological University)

E-mail: azanovlar@rambler.ru

*В статье представлены результаты экспериментальных исследований влияния плазмы высокочастотного емкостного (ВЧЕ) разряда пониженно-*

\*Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках Соглашения №14.577.21.0019 от 05.06.2014.

*го давления на суровое трикотажное полотно. Показано, что ВЧЕ-плазменная обработка придает суровому трикотажному полотну способность смачиваться водой, вызывает уменьшение содержания парафинирующих веществ в суровом хлопчатобумажном трикотажном полотне почти в 2 раза, воскообразных веществ – в 3 раза, что позволяет исключить предварительное отваривание полотна перед крашением.*

*The article presents the results of experimental studies of the effect of plasma high-frequency capacitor (HFC) discharge of low pressure on the knitted fabric. It is shown that HFC-plasma treatment gives the ability of knitted fabric to be wetted with water, it reduces the content of paraffins substances almost 2 times, waxy substance - 3 times that eliminates preboiling fabric before dyeing.*

**Ключевые слова:** трикотажное полотно, плазменная обработка, крашение.

**Keywords:** knitted fabrics, plasma treatment, dyeing.

Процесс изготовления швейно-трикотажных изделий состоит из нескольких этапов, которые включают вязание полотна, его отделку и изготовление из него трикотажных изделий. На каждом из этих этапов закладывается основа обеспечения качества и, следовательно, конкурентоспособности, готовой продукции. После процесса вязания на поверхности хлопчатобумажных трикотажных полотен присутствуют парафинирующие композиции, которые наносятся на пряжу для повышения качества процесса вязания. Содержание этих веществ часто превышает установленные нормы, что приводит к проблеме равномерного окрашивания полотен [1]. Решение проблемы получения интенсивных и ровных окрасок посредством реализации отделки по традиционной технологии связано с проведением жидкофазных процессов предварительной подготовки, что не всегда представляется эффективным из-за высокой ресурсоемкости, продолжительности, увеличения объема промышленных сточных вод и усложнения процесса их очистки. Для решения перечисленных задач наибольший интерес представляет метод экологически чистой плазменной обработки, эффективность которой доказана при отделке тканей [2...4]. Особое место среди плазменных методов воздействия занимает обработка плазмой высоко-

частотного емкостного (ВЧЕ) разряда пониженного давления. Особо значимым преимуществом ВЧЕ-разряда перед остальными видами газовых разрядов является то, что разряд зажигается как у поверхности, контактирующей с потоком плазмообразующего газа, так и в порах и капиллярах волокнистых материалов, не имеющих прямого контакта с плазмой, то есть данный вид разряда позволяет проводить объемную обработку капиллярно-пористых материалов. Это является важным аспектом при обработке трикотажного полотна, имеющего, по сравнению с тканями, более объемную и подвижную структуру. Целью работы являлось исследование возможности применения плазмы ВЧЕ-разряда пониженного давления в процессах отделки трикотажных полотен, а именно для подготовки хлопчатобумажных трикотажных полотен к крашению.

В качестве объекта выбрано суровое трикотажное полотно из хлопчатобумажной пряжи с линейной плотностью 17 текс производства Ульяновской трикотажной фабрики "Русь". ВЧЕ-плазменную обработку проводили на экспериментальной установке ВЧЕ-разряда пониженного давления, разработанной на кафедре плазмохимических и нанотехнологий высокомолекулярных материалов КНИТУ. Гигроскопические характеристики трикотажного полотна перед крашением определяли по

стандартным методикам [5], динамический угол смачивания – на тензомере DataPhysics DCAT 21, содержание воскообразных веществ в суровом полотне – экстрагированием изопропиловым спиртом [6], содержание парафинирующих веществ – экстрагированием этиловым эфиром [7]. Основные характеристики окрашенного полотна определяли по стандартным методикам [8], цветовые характеристики и равномерность окраски (коэффициент вариации) – с помощью ручного спектрофотометра X-Rite Color Digital Swatch book, содержание красителя в волокне – по методу Соколова [6].

Характеристики трикотажного полотна, исходного сурового и подготовленного к крашению с помощью ВЧЕ-плазменной обработки и отваривания, представлены в табл. 1.

Результаты, представленные в табл. 1, показывают, что гидрофобная поверхность сурового трикотажного полотна ( $\theta_d < 90^\circ$ ) после плазменной обработки становится гидрофильной ( $\theta_d > 90^\circ$ ), приобретает способность мгновенно смачиваться водой [9]. Вместе с тем, значительное уменьшение содержания в полотне парафинирующих (почти в 2 раза) и воскообразных (почти в 3 раза) веществ дает основание предположить, что ВЧЕ-плазменная обработка может заменить процесс отваривания перед крашением трикотажных полотен в темные тона. Поэтому на следующем этапе работы проводили крашение трикотажных полотен, подготовленных по типовой технологии отвариванием и подготовленных с помощью ВЧЕ-плазменной обработки с эффективными параметрами.

Таблица 1

Показатель	Хлопчатобумажное трикотажное полотно		
	исходное суровое	обработанное ВЧЕ-плазмой	отваренное
Капиллярность, мм	1...5	201	189
Время растекания капли дистиллированной воды, с	более 3600 с	0	11
Водопоглощение, %	59,4	74,3	62,3
Динамический угол смачивания водой $\theta_d$ , град	116,65	не определяется	58,64
Содержание веществ, экстрагируемых этиловым эфиром (парафинирующих веществ), %	0,65	0,36	-
Содержание воскообразных веществ, %	0,74	0,28	0,26

Таблица 2

Показатель	Нормативное значение	Хлопчатобумажное трикотажное полотно подготовленное	
		с помощью ВЧЕ-плазмы	отвариванием
Устойчивость окраски к стирке в мыльном растворе при 40°C, баллы	не менее 4/4	5/5	5/5
Устойчивость окраски к поту, баллы	не менее 4/4	5/5	5/5
Устойчивость окраски к сухому трению, баллы	не менее 4	5/4	5/4
Содержание красителя в волокне, %	-	8,6	8,0
Равномерность окраски	-	0,45	0,44
Гигроскопичность, %	не менее 6	37,2	33,4
Разрывная нагрузка, Н:			
-вдоль петельных столбиков	не менее 80	158,8	158,6
-поперек петельных столбиков	-	93,0	93,6
Относительное разрывное удлинение, %:			
-вдоль петельных столбиков	-	51,4	47,4
-поперек петельных столбиков	-	148,2	144,9
Изменение линейных размеров полотна после мокрых обработок, %:			
- вдоль петельных столбиков	не более 10	5	8
- поперек петельных столбиков	не более 12	4	5



Крашение полотен проводили в производственных условиях ООО "Колор" (г.Ульяновск) активным красителем Ремазоль RR синий. Результаты испытаний окрашенных полотен представлены в табл. 2.

Образцы трикотажного полотна, подготовленного к крашению с помощью ВЧЕ-плазменной обработки, соответствуют требованиям стандартов и по показателям окраски не уступают образцам, подготов-

ленным традиционным отвариваем. Для оценки глубины проникновения красителя в волокно проведен анализ ультратонких срезов хлопковых волокон, извлеченных из готовых трикотажных полотен (рис. 1 – срезы волокон (x50000) трикотажных полотен, окрашенных активным красителем Ремазоль RR синий: а) – образец, подготовленный отвариванием, б) – образец, подготовленный ВЧЕ-плазмой).

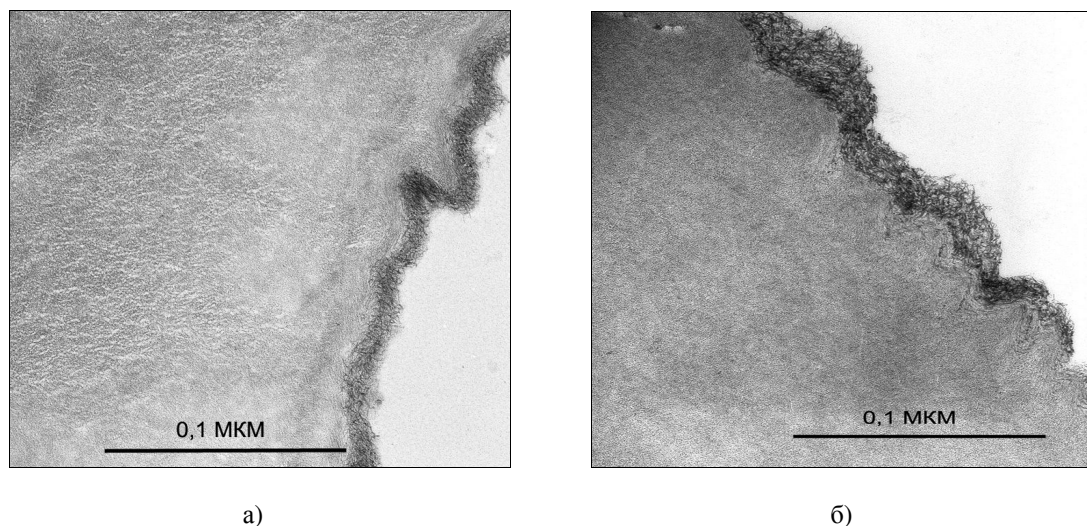


Рис. 1

Увеличенные микрофотографии сечений волокон в 50000 раз свидетельствуют об однородности и большей упорядоченности их структурных элементов, толщина окрашенного слоя больше и проявляется более четко. Таким образом, при использовании ВЧЕ-плазменной обработки, даже при исключении предварительного отваривания, наблюдается высокая степень проникновения красителя в волокно и его равномерное распределение в нем.

## ВЫВОДЫ

1. ВЧЕ-плазменная обработка сурового трикотажного полотна придает ему способность смачиваться водой, вызывая уменьшение содержания парафинирующих веществ почти в 2 раза, воскообразных веществ – в 3 раза.

2. Применение ВЧЕ-плазменной обработки позволяет исключить предвари-

тельное отваривание трикотажного полотна перед крашением.

3. Характеристики трикотажных полотен, окрашенных с предварительной ВЧЕ-плазменной подготовкой, не уступают полотнам, окрашенным с предварительным отвариванием полотна.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Александрова Н.В., Горберг Б.Л., Иванов А.А.* Использование низкотемпературной плазмы для обработки трикотажных полотен // *Текстильная промышленность.* – 1990, №4. С. 64...66.
2. *Акулова М.В., Шарнина Л.В.* Применение тлеющего разряда в текстильной и строительной промышленности. – Иваново: ИГХТИ, 2008.
3. *Панкратова Е.В., Садова С.Ф.* Изменение поверхности льняного волокна под действием плазмы тлеющего разряда // *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности.* – 2007, №6. С.61...64.
4. *Квач Н.М., Тюркина Т.В., Садова С.Ф.* Плазмохимическая обработка льняных тканей // *Тек-*

стильная промышленность. – 1995, № 1-2. С.46...48.

5. ГОСТ 3816–81 (ИСО 811–81). Полотна текстильные. Методы определения гигроскопических и водооталкивающих свойств.

6. Мельников Б.Н. Отделка хлопчатобумажных тканей / Справочник. – Иваново: Талка, 2003.

7. ГОСТ 25617–83. Ткани и изделия льняные, полульняные, хлопчатобумажные и смешанные. Методы химических испытаний.

8. ГОСТ 2351–88. Изделия и полотна трикотажные. Нормы устойчивости окраски и методы ее определения.

9. Азанова А.А., Абдуллин И.Ш., Нуруллина Г.Н., Кулецов Г.Н. Модификация хлопчатобумажных трикотажных полотен низкотемпературной плазмой перед крашением активными красителями // Вестник Казанского технол. ун-та. – 2011, Т.14, №4. С. 69...73.

#### REFERENCES

1. Aleksandrova N.V., Gorberg B.L., Ivanov A.A. Ispol'zovanie nizkotemperaturnoj plazmy dlja obrabotki trikotazhnyh poloten // Tekstil'naja promyshlennost'. – 1990, №4. S. 64...66.

2. Akulova M.V., Sharnina L.V. Primenenie tlejushhego razrjada v tekstil'noj i stroitel'noj promyshlennosti. – Ivanovo: IGHTI, 2008.

3. Pankratova E.V., Sadova S.F. Izmenenie poverhnosti l'njanogo volokna pod dejstviem plazmy tlejushhego razrjada // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2007, №6. S. 61...64.

4. Kvach N.M., Tjurkina T.V., Sadova S.F. Plazmohimicheskaja obrabotka l'njanyh tkanej // Tekstil'naja promyshlennost'. – 1995, № 1-2. S.46...48.

5. GOST 3816–81 (ISO 811–81). Polotna tekstil'nye. Metody opredelenija gigroskopicheskikh i vodoottalkivajushhih svojstv.

6. Mel'nikov B.N. Otdelka hlopchatobumazhnyh tkanej / Spravochnik. – Ivanovo: Talka, 2003.

7. GOST 25617–83. Tkani i izdelija l'njanye, polul'njanye, hlopchatobumazhnye i smeshannye. Metody himicheskikh ispytanij.

8. GOST 2351–88. Izdelija i polotna trikotazhnye. Normy ustojchivosti okraski i metody ee opredelenija.

9. Azanova A.A., Abdullin I.Sh., Nurullina G.N., Kulecov G.N. Modifikacija hlopchatobumazhnyh trikotazhnyh poloten nizkotemperaturnoj plazmoj pered krasheniem aktivnymi krasiteljami // Vestnik Kazanskogo tehnol. un-ta. – 2011, Т.14, №4. С.69...73.

Рекомендована кафедрой моды и технологии.  
Поступила 09.09.15.

УДК 677.842:677.861

## ВОЗМОЖНОСТЬ ПОЛУЧЕНИЯ ТЕКСТИЛЬНЫХ ПИГМЕНТОВ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ ПРОДУКЦИИ ИЗ ОБОЖЖЕННЫХ ОКАТЫШЕЙ

### THE POSSIBILITY OF OBTAINING TEXTILE PIGMENTS AND INTERMEDIATE PRODUCTS FROM SINTERED PELLETS

*К.Т. ЖАНТАСОВ, Ж.У. МЫРХАЛЫКОВ, Б.Б. ТУРАКУЛОВ, М.К. ЖАНТАСОВ,  
С.Ш. ШАЛАТАЕВ, А. ЕРУБАЙ, К. ДОСАЛИЕВ*

*K.T. ZHANTASOV, ZH.U. MYRHALYKOV, B.B. TURAKULOV, M.K. ZHANTASOV,  
S.SH. SHALATAEV, A. ERUBAJ, K. DOSALIEV*

**(Южно-Казахстанский государственный университет имени М.Ауэзова)**

**(South Kazakhstan State University named after M. Auezov)**

E-mail: ajina\_91@mail.ru, k\_zhantasov@mail.ru

*Экологические проблемы промышленных регионов, решаемые с помощью и в целях комплексной утилизации техногенных отходов и минерального сырья, для получения целевой продукции и улучшения благосостояния населения Республики Казахстан, являются актуальной задачей.*

*В настоящей статье рассмотрена возможность получения текстильных пигментов и промежуточной продукции из техногенных отходов Актюбинского месторождения.*

*Ecological problems of industrial regions, with the aim of comprehensive utilization of technogenic waste and mineral raw materials, with obtaining the target product and improvement of welfare of population of the Republic of Kazakhstan are an actual task.*

*In this article the possibility of obtaining textile pigments and intermediate products from industrial waste Aktobinsk field.*

**Ключевые слова:** пигмент, хромитовая руда, техногенные отходы, обожженные окатыши, печать.

**Keywords:** pigments, chromite ore, technogenic waste, sintered pellets, printing.

С целью экономии материальных и топливно-энергетических ресурсов по разработанной технологии переработки некондиционных хромитовых руд и техногенных отходов рекомендуются следующие новые технические решения:

- первое – в процессе грануляции хромитового материала применение 2...2,5% мелочи кокса и до 10% внутренних вскрышных пород угледобычи в смеси с хромосодержащим материалом, состоящим из некондиционной по грансоставу хромитовой руды, "хвостов" обогащения, образующихся после водной классификации шлама, а также пыль аспирационных систем;

- второе – в сравнении с существующим процессом производства хромитовых окатышей в технологическом процессе использовать тарельчатый (чашевый) грану-

лятор вместо барабанного окомкователя, как более эффективного агрегата;

- третье – в качестве увлажнителя и связующего при производстве окатышей применять вместо воды водную суспензию шлама, образующуюся после водного классификатора хромитовой руды;

- четвертое – применение предварительного увлажнения шихты перед грануляцией [1], [2].

Исследования по получению обожженных углеродсодержащих хромитовых гранул из техногенных отходов, образующихся при производстве хромитовых окатышей и ВВП, проводили в лабораторных и опытных условиях на пилотной установке, представленной на рис. 1 (общий вид опытной установки с гранулятором и обжиговой чашей).

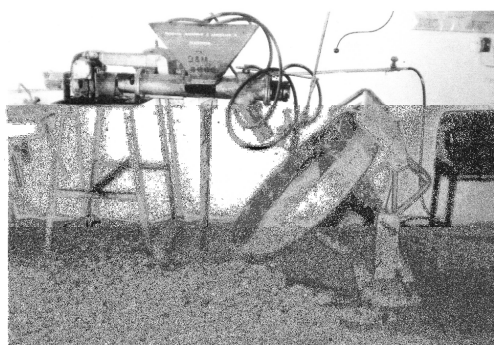


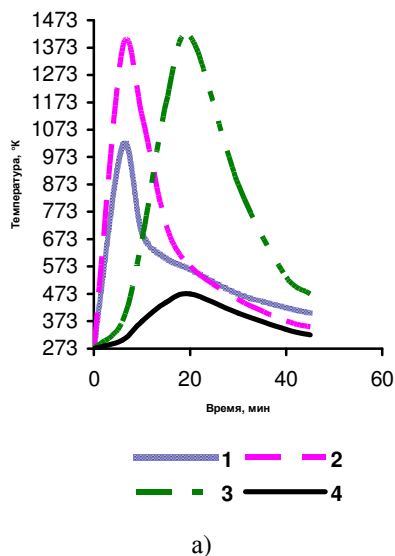
Рис. 1

Сырые окатыши диаметром 10...20 мм и влажностью 11...12% сушились и обжи-

гались на установке "обжиговая чаша", работающей на природном газе.



Исследованиями установлено, что при этом режиме температура в нижних слоях составляет около 1200°С и при этом достигается снижение расхода природного газа до 50%.



Данные результатов исследований приведены на рис. 2 (значение температуры: 1 – в горне; 2 – на глубине 100 мм от поверхности окатышей; 3 – на глубине 200 мм; 4 – на обжиговой решетке (400 мм от поверхности окатышей)).

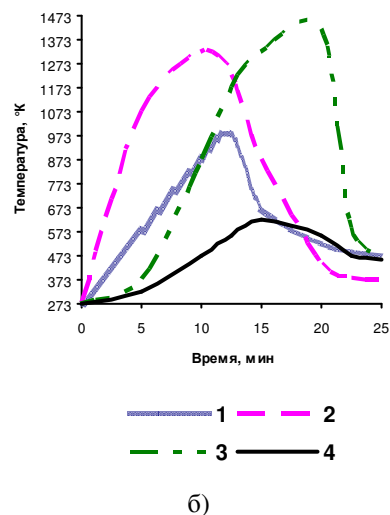


Рис. 2

Анализ рис. 2-а и 2-б показывает, что при обжиге гранул без постели из обожженных окатышей и гранул на постели и прокаленных окатышей время, необходимое на процессы сушки и обжига, сокращается почти в 1,5 раза. Это можно объяснить изменением температуры по слоям окатышей за счет выгорания углерода из гранул и снижения расхода природного газа, с одновременным увеличением подачи теплого кислородсодержащего свежего воздуха в смеси с отходящими дымовыми газами из зоны сушки и обжига опытной установки. Подача теплого газотеплоносителя позволяет повысить эффективность работы газогорелочного устройства и исключить резкое снижение температуры на поверхности обжигаемых гранул за счет уменьшения подачи природного газа более чем на 50% для поддержания процесса горения углерода. Кроме этого, как видно из рис. 2-а, увеличивается время термической обработки в зоне выравнивания температуры в слое окатышей и, как следствие, происходит повышение прочностных характеристик обожженных гранул.

В результате теоретических и экспериментальных исследований установлено, что оптимальное количество твердого топлива, необходимое для нормального ведения процесса термической обработки окатышей, содержащих ВВП в окислительной среде, составляет от 3,5 до 4,5%, что достигается введением в состав шихты около 2% мелочи металлургического кокса.

Визуальный осмотр разломов обожженных хромитовых окатышей показывает, что гранулы состоят из двух зон: поверхностной – светлой, составляющей 40...45% от объема окатышей с остаточным содержанием углерода до 0,1%, и внутренней – темноватой, с содержанием углерода, равным его исходному значению.

Остаточное содержание углерода может быть использовано в качестве топлива при получении пигментов, наносимых на тканевую основу в текстильной промышленности.

Окись хрома в виде мелкого порошка зеленого цвета получают прокаливанием калиевого или натриевого хромпика в при-

сутствии восстановителя или веществ, образующих с щелочным металлом хромпика прочные соединения, освобождая хромовый ангидрид [3].

При высокой температуре углерод восстанавливает 6-валентный хром в 3-валентный, а щелочной металл хромпика реагирует с получающимися ангидридами  $\text{CO}_2$  и образует соль.

Полученные хромитовые окатыши подвергаются измельчению до класса, менее 0,1 мм, промывке, фильтрации и сушке [4].

Затем полученная масса обрабатывается  $\text{K}_2\text{SO}_4$  для удаления водорастворимых солей и ее подвергают дополнительному прокаливанию при температуре 700...750°C в специальной камере, выложенной огнеупорным кирпичом, в течение 150...160 минут, высота слоя 100...120 мм. После этого ее подвергают промывке, сушке при температуре 250°C и размалывают на пигмент размером до 5 микрон.

Полученный пигмент разбавляют в специальном растворе и наносят на ткань посредством ротационной печатной машины с сетчатыми шаблонами.

## ВЫВОДЫ

1. На основании проведенных исследований выявлено, что скорость диффузии составляет от  $10^{-8}$  до  $10^{-9}$   $\text{cm}^2/\text{c}$ , а растворимость красителя при 80°C составила 95...110 мг/л. Фиксация окраски в среде насыщенного пара проводилась в течение 80 мин при  $\text{pH} = 3,5$ .

2. Для выбора более оптимальных параметров ведения процесса необходимы испытания в опытных и опытно-промышленных условиях, для чего требу-

ется решение вопроса финансирования данной разработки.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Жантасов К.Т. Разработка и внедрение малоотходной и энергосберегающей технологии в производстве желтого фосфора: Дис....докт. техн. наук. – Шымкент, 1998.

2. Жантасов К.Т., Искандиров М.З., Айбалаева К.Д. и др. Современные технологии переработки минерального сырья / Под ред. д.т.н., проф. Жантасова К.Т. – Шымкент, 2015.

3. Zhantasov K., Turakulov B., Kocherov E. and other. Benefication of off-grade chromate ore for production of inorganic substance // European International Journal of Science and Technology. – Vol. 2, №4. May 2013.

4. Предварительный патент Республики Казахстан №18468. Способ получения хромитовых окатышей. Авт. Жантасов К.Т., Кочеров Е.Н. и др. Бюл.№5, 15.05.2007.

## REFERENCES

1. Zhantasov K.T. Razrabotka i vnedrenie malo-othodnoj i e'nergosberegayuwej tehnologii v proizvodstve zheltogo fosfora: Dis....dokt. tehn. nauk. – SHymkent, 1998.

2. Zhantasov K.T., Iskandirov M.Z., Ajbalaeva K.D. i dr. Sovremennye tehnologii pererabotki mineral'nogo syr'ya / Pod red. d.t.n., prof. Zhantasova K.T. – SHymkent, 2015.

3. Zhantasov K., Turakulov B., Kocherov E. and other. Benefication of off-grade chromate ore for production of inorganic substance // European International Journal of Science and Technology. – Vol. 2, #4. May 2013.

4. Predvaritel'nyj patent Respubliki Kazakhstan №18468. Sposob polucheniya hromitovyh okatyshej. Avt. ZHantasov K.T., Kocherov E.N. i dr. Byul.№5, 15.05.2007.

Рекомендована кафедрой химической технологии неорганических веществ. Поступила 17.10.15.

УДК 677.051.174

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ  
АЭРОДИНАМИЧЕСКОЙ РАССОРТИРОВКИ ВОЛОКОН  
В УСТРОЙСТВЕ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ  
МНОГОСЛОЙНЫХ НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**MATHEMATICAL MODELING  
OF AERODYNAMIC SORTING OF FIBERS  
IN THE DEVICE FOR PRODUCING  
MULTILAYER NONWOVENS**

*М.А. ТУВИН, И.Г. ХОСРОВЯН, Т.Я. КРАСИК, Г.А. ХОСРОВЯН*  
*M.A. TUVIN, I.G. KHOSROVYAN, T.YA. KRASIK, G.A. KHOSROVYAN*

(Ивановский государственный политехнический университет)  
(Ivanovo State Polytechnical University)  
E-mail: ti@ivgpu.com

*Рассматривается аэродинамическое поле в камере рассортировки волокнистой смеси на фракции. Приведены геометрические модели областей камеры, которые находятся в условиях действия отрицательного градиента давления, где применимы методы теории потенциальных плоских течений. Составлено конформное отображение этих областей на полуплоскость и выведен комплексный потенциал. Приведена методика расчета скоростей воздуха в камере, основанная на использовании возможностей вычисления функций комплексного переменного в среде математического пакета Mathcad.*

*Discusses the aerodynamic field in the chamber of sorting a fibrous mixture into fractions. Given a geometric model of areas of the chamber, under the action of negative pressure gradient, where applicable the methods of potential theory of flat flows. Compiled conformal mapping of these areas on a half-plane and deduce a complex potential. Given a method for calculation of velocity of air in the chamber, based on the application of computation of functions of a complex variable in the environment of mathematical package Mathcad.*

**Ключевые слова:** волокно, аэродинамическая рассортировка волокон, потенциальное течение воздуха, нетканые материалы.

**Keywords:** fiber, aerodynamic sorting of fibers, potential flow of air, nonwovens.

Разработанное нами устройство для получения многослойных нетканых материалов [1] состоит из узла питания, узла разрыхления волокнистой смеси, аэродинамической камеры для пространственного разделения волокнистого потока на фракции и двух пар конденсоров для приема разделенных на фракции волокнистых потоков, обеспыливающего аспирационного узла, расположенного в верхней части камеры, и узла пневмоочистки боковых стенок камеры.

Процесс движения волокнистой смеси в бункерном питателе с наклонными боковыми стенками с переменной площадью поперечного сечения шахты описан математической моделью [2].

В аэродинамической камере рассортировки волокон образуются воздушные потоки, вызванные работой узлов пневмоотсоса в сетчатых барабанах конденсоров, обеспыливающего аспирационного узла и узла пневмоочистки боковых стенок. Поступающий из атмосферы цеха в камеру воздушный поток захватывает и увлекает за собой волокна с зубьев гарнитуры пыльчатого барабана. Далее этот поток направляется в камеру, где разделяется на четыре потока: первые два потока направляются к конденсорам, третий – в верхнюю контролируемую аспирационным узлом зону обеспыливания, а четвертый – воздушный поток, создаваемый узлом пневмоочистки, направляется на боковые стенки камеры.

Выравнивание по толщине настиллов после рассортировки волокон и их формирования в настиллы имеет большое значение при изготовлении текстильных армированных материалов [3], [4].

Воздушные потоки, образованные узлами пневмоотсоса в сетчатых барабанах конденсоров и направленные от пыльчатого барабана к сетчатым, в аэродинамической камере обеспечивают тонкую рассортировку волокон по зонам их сбора на поверхностях верхней и нижней пар сетчатых барабанов. Исходя из скорости витания волокон, рассортировка волокон по верхней и нижней парам сетчатых бараба-

нов происходит за счет перераспределения волокон по воздушным потокам.

Схематическое изображение конденсоров и расположение системы координат  $Oxy$  представлено на рис. 1. Всасывание воздуха в конденсорах происходит в секторе с угловым размером  $\gamma$ . Около всасывающих отверстий, имеющих в обечайках пар конденсоров, образуется всасывающий факел, воздушное течение в котором с достаточной степенью точности можно считать потенциальным [5].

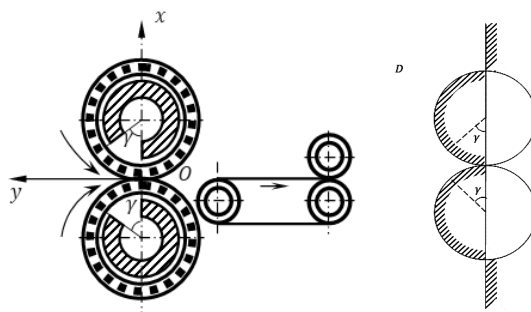


Рис. 1

Рис. 2

На рис. 2 изображена схема области  $D$ , в которой происходит движение воздушной среды во всасывающие отверстия конденсоров. Область  $D$  представляет собой полуплоскость с вырезанными на ее крае двумя полукругами. Область  $D$  обладает симметрией, поэтому картину аэродинамического поля можно построить в "половине области  $D$ ", изображенной на рис. 3 (область  $D_1$ ), и далее распространить полученный результат на другую половину этой области. Чтобы построить модель потенциального течения в области  $D_1$ , обратимся к [5], где рассматривается плоская модель потенциального движения воздуха к всасывающему отверстию в цилиндрическом патрубке, который примыкает к плоскости. На одном из промежуточных этапов процесса моделирования в [5] использовалось конформное отображение области  $D_2$  – полуплоскости с вырезанными кругом единичного радиуса и отрезком между точками  $(2;0)$  и  $(3;0)$  (рис. 4) [6], [7]. В принципе область  $D_2$  содержит область  $D_1$  и ее симметричное отражение относительно оси  $Ox$  (рис. 3 – схема области  $D_1$  относительно конденсора).

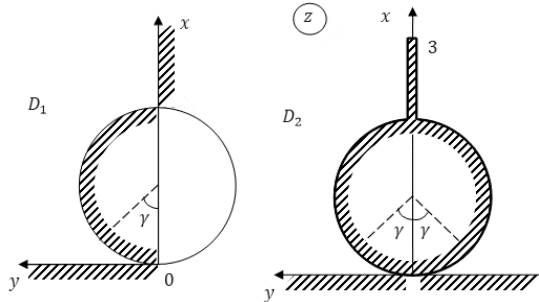


Рис. 3

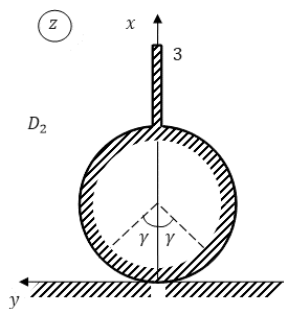


Рис. 4

Полагаем, что граничные условия в первом квадранте области  $D_2$  совпадают с граничными условиями в области  $D_1$ , а граничные условия в четвертом квадранте области  $D_2$  являются симметричным отражением граничных условий в первом квадранте области  $D_1$ . При условии сим-

$$z_1 = \frac{1}{z}; \quad z_2 = 2z_1 - 1; \quad z_3 = iz_2; \quad z_4 = 2\pi^{-1} \operatorname{arth}\{0,5\sqrt{3}[\operatorname{th}^2(0,5\pi z_3) + 1/3]\};$$

$$z_5 = \pi z_4; \quad \zeta = \exp(\pi z_5).$$

Так как  $z_3 = i(2z^{-1} - 1)$ , то искомая формула для конформного отображения

$\zeta = \zeta(z)$  имеет следующий вид:

$$\zeta = \exp(2 \operatorname{arth}\{0,5\sqrt{3}[\operatorname{th}^2(0,5\pi i(2z^{-1} - 1)) + 1/3]\}).$$

Для расчета комплексного потенциала течения в аэродинамической камере рассортировки волокон и его комплексной скорости использовались возможности современного математического пакета Mathcad [8]. Полученные с высокой степенью точности численные значения скоростей воздуха позволили определить аэродинамические силы и далее траектории движения волокон и сорных частиц в камере [9].

При расчете аэродинамических сил и траекторий движения волокон величина коэффициента аэродинамического сопротивления волокна при поперечном обтекании воздушным потоком определялась согласно [10] по формуле:

$$c_x = \frac{4}{\operatorname{Re}} (1/G + 1,5772/G^2) \quad \text{при } 0 \leq \operatorname{Re} \leq 10,$$

$$c_x = 0,27 \operatorname{Re}^{-0,61} \quad \text{при } 10 < \operatorname{Re} \leq 300,$$

метричности относительно оси  $Ox$  воздушного течения к всасывающим отверстиям в секторах с угловым размером  $\gamma$  в области  $D_2$  (рис. 4 – схема области  $D_3$  для построения комплексного потенциала воздушного течения в зоне конденсоров) можно полагать, что воздушное течение в первом квадранте на рис. 4 будет полностью совпадать с воздушным течением в области  $D_1$ .

В [5] приводится перечень зависимостей для конформного отображения области  $D_2$  на полуплоскость. Приведем последовательность этих конформных преобразований, приводящих к отображению области  $D_2$  (рис. 4) на верхнюю полуплоскость  $\operatorname{Re} \zeta \geq 0$ :

где  $G = \ln(4\operatorname{Re}_L / \operatorname{Re}^2)$ ,  $\operatorname{Re}_L = (\bar{v}_a - \bar{v}) L_B / v_{\text{вяз}}$ ;  $\operatorname{Re} = |\bar{v}_a - \bar{v}| D_B / v_{\text{вяз}}$ ;  $D_B, L_B$  – диаметр и длина волокна;  $\bar{v}, \bar{v}_a$  – скорости волокна и воздушного потока соответственно;  $v_{\text{вяз}}$  – коэффициент кинематической вязкости воздуха.

## ВЫВОДЫ

Разработана методика численного моделирования процесса движения волокнистого потока в камере аэродинамической рассортировки при получении многослойных нетканых материалов.

## 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. – Опубл. 10.01.2013.

2. 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.

3. Красик Т.Я., Хосровян А.Г., Хосровян Г.А. Методика определения линейной плотности нити на выходе из бункерного питателя, оснащенного системой обеспыливания // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2011, №5. С.79...82.

4. Хосровян И.Г., Хосровян А.Г., Красик Т.Я., Хосровян Г.А. Разработка теории выравнивающей способности устройства для получения многослойных волокнистых материалов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, №6. С. 79...82.

5. Хосровян Г.А., Красик Я.М. Теория и практика очистки и подготовки полуфабриката к прядению. – Иваново: ИГТА, 1998.

6. Хосровян Г.А., Ситнов Ю.В., Красик Я.М., Яницкая В.И. Математическое моделирование процесса движения сорных примесей в аспирационном устройстве узла для формирования полуфабриката // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1998, №3. С. 27...29.

7. Сидоров Ю.В., Федорюк М.В., Шубунин М.И. Лекции по теории функций комплексного переменного. – М.: Наука, 1989.

8. Maixner M.R. The Use of MathCad in Teaching Ideal Fluid Flow with Complex Variables // The International Journal of Electrical Engineering Education. – Vol. 15, №6, 1999. PP. 456...468.

9. Хосровян Г.А., Красик Я.М. Общая теория процесса выделения сора из волокнистого продукта при обработке пыльчатой поверхностью // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1998, №5. С. 26...29.

10. Cai Y. Computer Modeling of Fiber Motion in High-speed Airflow. PhD thesis, North Carolina State University, 2003.

## REFERENCES

1. Patent № 2471897. Rossijskaja Federacija. Sposob poluchenija mnogoslojnyh voloknistyh materi-

alov i ustrojstvo dlja ego osushhestvlenija / Hosrovjan G.A., Hosrovjan A.G., Krasik T.Ja., Hosrovjan I.G., Zhegalina T.V.– Opubl. 10.01.2013.

2. Tuvin M.A., Hosrovjan I.G., Krasik T.Ja., Hosrovjan G.A., Tuvin A.A. Matematicheskoe modelirovanie processa dvizhenija voloknistoj smesi v bunkernom pitatele s peremennoj ploshhad'ju poperechnogo sechenija shahty // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2015, №2. S. 83...87.

3. Krasik T.Ja., Hosrovjan A.G., Hosrovjan G.A. Metodika opredelenija linejnoj plotnosti nastila na vyhode iz bunkernogo pitatelja, osnashhennogo sistemoj obespylivanija // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2011, №5. S. 79...82.

4. Hosrovjan I.G., Hosrovjan A.G., Krasik T.Ja., Hosrovjan G.A. Razrabotka teorii vyravnivajushhej sposobnosti ustrojstva dlja poluchenija mnogoslojnyh voloknistyh materialov // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2013, №6. S. 79...82.

5. Hosrovjan G.A., Krasik Ja.M. Teorija i praktika ochistki i podgotovki polufabrikata k prjadeniju. – Ivanovo: IGTA, 1998.

6. Hosrovjan G.A., Sitnov Ju.V., Krasik Ja.M., Janickaja V.I. Matematicheskoe modelirovanie processa dvizhenija sornyh primesej v aspiracionnom ustrojstve uzla dlja formirovanija polufabrikata // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 1998, №3. S. 27...29.

7. Sidorov Ju.V., Fedorjuk M.V., Shubunin M.I. Lekcii po teorii funkcij kompleksnogo peremennogo. – M.: Nauka, 1989.

8. Maixner M.R. The Use of MathCad in Teaching Ideal Fluid Flow with Complex Variables // The International Journal of Electrical Engineering Education. – Vol. 15, №6, 1999. PP. 456...468.

9. Hosrovjan G.A., Krasik Ja.M. Obshhaja teorija processa vydelenija sora iz voloknistogo produkta pri obrabotke pil'chatoj poverhnost'ju // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 1998, №5. S.26...29.

10. Cai Y. Computer Modeling of Fiber Motion in High-speed Airflow. PhD thesis, North Carolina State University, 2003.

Рекомендована кафедрой технологических машин и оборудования. Поступила 01.06.15.

УДК 677.025

**НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ВЯЗАНИЯ**

**RESEARCH IN KNITTING**

*Т.Б.МОСКАЕВА*  
*T.B.MOSKAEVA*

(Костромской государственный технологический университет)  
(Kostroma State Technological University)  
E-mail: info@kstu.edu.ru

*Проведен анализ научных исследований в области вязания, который показал, что сфера интересов ученых охватывает большой спектр научных направлений, связанных с трикотажем. Это позволяет успешно решать насущные производственные проблемы, стоящие перед текстильной отраслью.*

*An analysis of research in the field of knitting, which showed that the area of interest of scientists covers a wide range of scientific areas related to knitwear. This allows you to successfully solve the pressing business challenges faced by the textile industries pour.*

**Ключевые слова:** научные исследования, вязание, трикотаж, спектр научных направлений.

**Keywords:** research, knitting, knit, range of scientific fields.

Основная черта развития современной технологии трикотажного производства – создание новых видов трикотажной продукции и расширение ассортимента изделий на основе использования новых видов сырья и применения современного технологического оборудования.

В научных исследованиях, проведенных под руководством Л.А.Кудрявина, большое внимание уделяется разработке методов автоматизированного проектирования трикотажа различных способов получения и разных переплетений, в частно-

сти: трикотажа основовязанных переплетений с пьезоэлектрическим способом отбора органов узоробразования, двойных жаккардовых и пресс-жаккардовых переплетений с многоцветными узорными эффектами, ананасных переплетений. Кроме расчета параметров строения большое внимание уделяется визуализации структуры трикотажа кулирных [1] и основовязанных [2] переплетений.

Другим направлением работ является применение нелинейной теории упругости для расчета деформации основовязаного и

кулирного трикотажа при двумерной нагрузке [3...7]. Особенности технологии выработки и структурообразования трикотажа рассмотрены в работах [8...10].

В процессе научных исследований, проведенных на кафедре технологии трикотажного производства МГТУ им. А.Н. Косыгина, были созданы так называемые прогностические подсистемы автоматизированного проектирования трикотажа и машинной визуализации его структуры, адаптированные ко всем видам вязальных машин с электронными системами управления и узоробразования, выпускаемых ведущими производителями. Реализация таких подсистем существенно сокращает затраты на проектирование трикотажа, позволяет прогнозировать основные параметры трикотажа, не приступая к вязанию опытных образцов трикотажа, и получать не только техническую информацию, но и визуализировать структуру трикотажа.

В работах, проводимых под руководством И.Г.Цитовича, решаются задачи формализованного описания основных объектов трикотажного производства с возможностью использования инструментов ИТ-технологий [11], [12]. В рамках методологии SADT (IDEF0) построена функциональная структура процессов, относящихся к проектированию и производству трикотажного полотна. Проведено формализованное описание структур основовязанных переплетений хирургических сеток. Разработана информационная модель футерованного полотна простых и комбинированных переплетений [13]. Также проводятся исследования, связанные с разработкой моделей управления процессами вязания на круглочулочных автоматах, обеспечивающих получение изделий с заданными свойствами [14].

Е.Н. Колесниковой разработан метод формализации вязальных процессов, основанный на одновременном проектировании структуры и процесса, который позволяет моделировать структуру трикотажа и разрабатывать новые элементы структуры трикотажа с одновременным моделированием процесса петлеобразования. В науч-

ных исследованиях и публикациях [15...18] отражены результаты работ по изучению, моделированию и оптимизации процесса петлеобразования с использованием пазовых игл и созданию автоматизированных систем проектирования технологий петлеобразования для реализации новых структур трикотажа.

Особым направлением исследований являются вопросы проектирования и изготовления отдельных узлов и цельновязанных изделий на плосковязальных машинах. В работах, выполненных под руководством Е.Н.Колесниковой, рассмотрены способы выработки отдельных элементов и трикотажных изделий по технологии "KNIT AND WEAR", которая не требует дополнительных швейных операций, исследованы способы образования линий сгиба в трикотажных изделиях, предложены методики проектирования технологии соединения оката рукавов и проймы стана цельновязанных изделий [19], [20]. Также вопросам автоматизации конструирования трикотажной одежды и автоматизированному проектированию пошива бельевых трикотажных изделий посвящены труды [21], [22].

Большой вклад в разработку полной классификации основовязанных переплетений и на ее основе – прогнозирование структуры трикотажа любого основовязанного переплетения внесли работы [23], [24] В.А.Зиновьевой и Л.В.Морозовой с учениками. Авторы предложили усовершенствованную классификацию базовых основовязанных переплетений, позволившую выявить пробелы и существенно расширить базовое поле для дальнейших разработок новых основовязанных переплетений; показали на основе использования методологии структурного синтеза трикотажа основовязанных переплетений возможности создания нового ассортимента трикотажных полотен; уточнили методику инженерного проектирования параметров основовязанного трикотажа; разработали технологию выработки новых видов основовязанного трикотажа; определили физико-механические свойства и параметры строения основовязанного трикотажа новых



видов. Все это в совокупности позволяет проектировать новые виды как базовых, так и рисунчатых и комбинированных переплетений. При этом важно подчеркнуть, что предложенная классификация достаточно хорошо формализуется для дальнейшей автоматизации процесса проектирования петельных структур.

Особое внимание в настоящее время уделяется разработке и проектированию трикотажа новых рисунчатых и комбинированных переплетений, позволяющих расширять ассортимент и получать новые свойства полотен и изделий. Снижение материалоемкости и формообразование объемных участков достигаются за счет образования отверстий от сброшенных петель [25]. Повышение формоустойчивости трикотажного полотна для полетных костюмов космонавтов осуществляется путем использования в петельной структуре удлиненных протяжек [26], улучшение свойств – за счет исследования влияния сырьевого состава пряжи и плотности вязания [27]. Процессы выработки трикотажа с низкой материалоемкостью [28], [29], повышенной формоустойчивостью [30] и увеличенной длиной плюшевых протяжек [31] позволяют повысить эффективность вязального производства.

В работах, выполненных в СПбГУТД под руководством Л.П.Ровинской, получили дальнейшее развитие вопросы проектирования трикотажа различных переплетений с заданными свойствами для реконструктивно-восстановительной хирургии, оптимизации процессов выработки чулочно-носочных изделий и изучения явлений, происходящих в процессах петлеобразования. Рассмотрены особенности процесса вязания на одноцилиндровых чулочных автоматах высоких классов тонких женских колготок при комбинированной заправке, которые должны учитываться при проектировании петельной структуры этих изделий с учетом достаточной растяжимости участков и комфортности изделия в целом [32], [33]. Проведено исследование растяжимости бортика мужского носка [34].

Существующая в настоящее время потребность в конструкционных материалах

с высокой прочностью привела к многочисленным исследованиям, направленным на разработку новых видов армирующих полотен для конструкционных материалов – текстильных композитов. Этой проблеме посвящены работы, выполненные под руководством А.В.Труевцева [35].

Учеными ИГТА затронуты темы научных работ, связанные с разработкой динамической имитационной модели трикотажной петли, позволяющей прогнозировать механические свойства трикотажа при различных параметрах исходной нити и структуры полотна [36]. Рассмотрено моделирование механических свойств интерлочного трикотажа [37] и проектирование основных свойств трикотажных геополотен, используемых для насыпей и склонов [38]. Исследованы физико-механические свойства основовязаного полотна с усиливающими нитями [39]. Рассмотрены вопросы расчета натяжения нити и влияния формы крючка иглы при вязании и условиях переработки пряжи на различных видах трикотажных машин [40], [41].

В КГТУ под руководством В.Р. Крутиковой проводятся исследования по моделированию и анализу процесса вязания для прогнозирования параметров технологического процесса и расчета расхода сырья. Рассмотрены параметры строения кулирного льняного трикотажа в процессе отлежки. Предложена методика прогнозирования натяжения нити на входе в зону вязания с учетом изменения положения нити в нитенаправляющих устройствах плосковязальных машин при перемещении нитеводителя. Рассмотрены вопросы по прогнозированию средней длины нити в петле трикотажа с разной долей заполнения жаккардовыми петлями [42]. Работы [43...45] посвящены оценке напряженности процесса вязания на основе комплексного показателя напряженности, который рассчитывается на основе частотных характеристик спектрального анализа тензограмм нити.

## ВЫВОДЫ

Анализ научных исследований в области вязания показал, что сфера интересов

ученых охватывает большой спектр научных направлений, связанных с трикотажем. Это позволяет успешно решать насущные производственные проблемы, стоящие перед текстильной отраслью.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Березкин А.Г., Кудрявин Л.А. Метод автоматизированного проектирования и машинной визуализации структуры трикотажа кулирных комбинированных переплетений // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, №3. С.78...81.
2. Кудрявин Л.А., Пивкина С.И., Заваруев В.А. Разработка подсистем машинной визуализации автоматизированного проектирования трикотажа основанных переплетений // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2009, №6. С.81...83.
3. Кудрявин Л.А., Беляев О.Ф., Заваруев В.А., Котович О.С. Применение нелинейной теории упругости к расчету двумерной деформации трикотажа // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2010, №8. С.69...72.
4. Кудрявин Л.А., Беляев О.Ф., Заваруев В.А., Котович О.С. Расчет двумерной деформации трикотажа // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2011, №1. С.80...83.
5. Кудрявин Л.А., Беляев О.Ф., Заваруев В.А., Котович О.С. Расчет деформации трико одноребеночное открытое // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2011, №2. С.57...60.
6. Кудрявин Л.А., Беляев О.Ф., Заваруев В.А., Котович О.С. Расчет деформации трико одноребеночное закрытое // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2011, №3. С.75...78.
7. Кудрявин Л.А., Беляев О.Ф., Заваруев В.А. Расчет деформации кулирного трикотажа при двумерной симметричной нагрузке с помощью нелинейной теории упругости // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, №5. С.74...77.
8. Кудрявин Л.А., Пивкина С.И., Заваруев В.А. Особенности образования структур и узоров на основовязальной машине с селекторно-индивидуальным способом отбора РОУ // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2010, №1. С.88...90.
9. Заваруев В.А., Кудрявин Л.А., Беляев О.Ф. Оценка эффективности использования нити для образования ячеек заданных размеров в структуре трикотажа // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2010, №3. С.93...94.
10. Григорьева И.Г., Кудрявин Л.А. Разработка алгоритма системы автоматизированного определения типа соединительных протяжек трикотажа увеличенной толщины // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, №4. С.89...92.
11. Цитович И.Г., Галушкина Н.В. Формализованное описание трикотажных полотен регулярных структур как материального объекта // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2010, №7. С.45...51.
12. Цитович И.Г., Галушкина Н.В. Структурный базис управляемых переменных и параметров, относящихся к описанию и проектированию трикотажных полотен и изделий // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2011, №1. С.84...89.
13. Цитович И.Г., Варламов А.Р., Галушкина Н.В. Реализация процедуры проектирования и производства трикотажного полотна на базе футерованного переплетения // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2011, №6. С.80...87.
14. Цитович И.Г., Спирина Ю.Б., Галушкина Н.В., Малюта В.В. Обеспечение заданных требований по растяжимости чулочно-носочных изделий на основе контроля структурных параметров трикотажа // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2010, №3. С.88...92.
15. Желтиков М.В., Колесникова Е.Н. Разработка параметров и характеристик электромагнитного привода игл трикотажной машины // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2010, №2С. С.60...63.
16. Желтиков М.В., Колесникова Е.Н., Муракаева Т.В. Электромагнитные системы для перемещения игл на плосковязальных машинах // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2010, №8. С.73...76.
17. Желтиков М.В., Колесникова Е.Н. Расчет параметров мультиклассового переплетения на плосковязальных машинах // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, №2. С.90...93.
18. Левин Ф.А., Колесникова Е.Н., Николаев В.Д. Математический метод описания технологии процесса петлеобразования с использованием пазовых игл // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, №1. С.94...96.
19. Колесникова Е.Н., Скопинцева Е.А., Муракаева Т.В., Ланишаков Д.Е. Методика проектирования технологии соединения оката рукава и проймы стана цельновязаного изделия, вырабатываемого на плосковязальной машине // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2011, №3. С.79...82.
20. Колесникова Е.Н., Ланишаков Д.Е. Проектирование технологии вязания плечевых цельновязанных изделий с втачным типом рукава // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, №1. С.84...87.
21. Бронз Г.А. Информационная база и алгоритм автоматизированного проектирования технологии пошива бельевых трикотажных изделий // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2007, №4. С.64...69.
22. Свежакова О.И. Система автоматизированного проектирования изделий из трикотажа // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2008, №2С. С.98...100.
23. Зиновьева В.А., Морозова Л.В., Пивкина К.С. Разработка и исследование трикотажа основовязанных ластиков // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2008, №3. С.81...83.
24. Морозова Л.В., Зиновьева В.А. О структуре трикотажа киперных и филейных переплетений // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2009, №4. С.76...79.
25. Филичева Т.В., Заваруев В.А., Викторов В.Н., Боровков В.В. Формообразование трикотажа

со сброшенными петлями // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, №2. С.101...104.

26. Фокина Е.В., Строганов Б.Б. Исследование свойств производных и комбинированных трикотажных переплетений // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2011, №1. С.92...95.

27. Фокина Е.В., Строганов Б.Б. Разработка технологии изготовления огнестойкого трикотажного полотна для полетных костюмов космонавтов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2011, №2. С.61...64.

28. Сабырханова С.Ш., Байжанова С.Б. Снижение материалоемкости трикотажного полотна // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2011, №2. С.64...67.

29. Байжанова С.Б., Садыкова А.А., Батиркулова А.А. Разработка структур и способов получения двухслойного трикотажа на плоскофанговой машине КН-323 D // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, №6. С.106...109.

30. Махмудова Г.И., Джанпаизова В.М., Дайрабай Д.Д., Абилтаева М.Ж. Разработка структур и способов получения формоустойчивого кулирного уточного трикотажа // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, №1. С.87...91.

31. Джанпаизова В.М., Махмудова Г.И., Рахманкулова Ж.А. Новая схема трикотажной машины для получения трикотажа с увеличенной длиной плюшевых протяжек // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, №2. С.93...96.

32. Ровинская Л.П., Арбузов А.А., Вигелина О.А. Особенности проектирования технологических параметров структуры трикотажа при комбинированных заправках текстильных нитей // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2010, №6. С.50...52.

33. Ровинская Л.П., Арбузов А.А., Вигелина О.А. Особенности проектирования технологических параметров структуры трикотажа при комбинированных заправках текстильных нитей // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2011, №1. С.89...92.

34. Ровинская Л.П., Вигелина О.А. Исследование растяжимости бортика носка // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2011, №1. С.89...92.

35. Столяров О.Н., Труевцев А.В. Механические свойства кулирного трикотажа из арамидных нитей // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2009, №2. С.68...70.

36. Башкова Г.В., Башков А.П., Алешина Д.А., Натертышев И.Ю. Представление механических свойств трикотажного полотна с использованием метода конечных элементов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2009, №3. С.77...81.

37. Башков А.П., Байжанова С.Б., Башкова Г.В., Сарыбаева Э.В. Моделирование механических свойств интерлочного трикотажа // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, №2. С.153...158.

38. Башкова Г.В., Башков А.П., Алешина Д.А., Соколова С.В. Проектирование основных свойств трикотажных геополотен // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, №3. С.159...162.

39. Капралов В.В., Чистобородов Г.И., Никифорова Е.Н., Онипченко Д.А. Исследование физико-механических свойств нового основовязаного полотна с усиливающими нитями // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, №3. С.77...82.

40. Буреев С.К., Ситникова И.Н. Определение силы натяжения петли в механизме язычковой иглы при прессовании // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, №2. С.117...119.

41. Чистобородов Г.И., Капралов В.В., Никифорова Е.Н. Исследование влияния формы крючка иглы на эффект перетяжки кулируемой нити // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, №3. С.144...148.

42. Толстикова-Крутикова Л.А. Прогнозирование средней длины нити в петле трикотажа с разной долей заполнения жаккардовыми петлями // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, №4. С.116...119.

43. Банакова Н.В., Безденежных А.Г., Крутикова В.Р. Анализ показателя напряженности процесса вязания при переработке льняной пряжи // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2009, №4С. С.91...93.

44. Банакова Н.В., Крутикова В.Р., Безденежных А.Г., Оценка частотных характеристик процесса вязания методом вейвлет-анализа // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2010, №5. С.72...74.

45. Банакова Н.В., Крутикова В.Р. Оценка нарушений процесса вязания на основе спектрального анализа // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, №3. С.89...92.

## REFERENCES

1. Berezkin A.G., Kudrjavin L.A. Metod avtomatizirovannogo proektirovanija i mashinnoj vizualizacii struktury trikotazha kulirnyh kombinirovannyh perepletений // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2012, №3. S.78...81.

2. Kudrjavin L.A., Pivkina S.I., Zavaruev V.A. Razrabotka podsystem mashinnoj vizualizacii avtomatizirovannogo proektirovanija trikotazha osnovovjazanyh perepletений // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2009, №6. S.81...83.

3. Kudrjavin L.A., Beljaev O.F., Zavaruev V.A., Kotovich O.S. Primenenie nelinejnoj teorii uprugosti k raschetu dvumernoj deformacii trikotazha // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2010, №8. S.69...72.

4. Kudrjavin L.A., Beljaev O.F., Zavaruev V.A., Kotovich O.S. Raschet dvumernoj deformacii trikotazha // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2011, №1. S.80...83.

5. Kudrjavin L.A., Beljaev O.F., Zavaruev V.A., Kotovich O.S. Raschet deformacii triko odnogrebenochnoe otkrytoe // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2011, №2. S.57...60.

6. Kudrjavin L.A., Beljaev O.F., Zavaruev V.A., Kotovich O.S. Raschet deformacii triko odnogrebenochnoe zakrytoe // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2011, №3. S.75...78.

7. Kudrjavin L.A., Beljaev O.F., Zavaruev V.A. Raschet deformacii kulirnogo trikotazha pri dvumernoj simmetrichnoj nagruzke s pomoshh'ju nelinejnoj teorii

uprugosti // *Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti.* – 2013, №5. S.74...77.

8. Kudrjavina L.A., Pivkina S.I., Zavaruev V.A. Osobennosti obrazovaniya struktur i uzorov na osnovovjazal'noj mashine s selekturno-individual'nym sposobom otbora ROU // *Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti.* – 2010, №1. S.88...90.

9. Zavaruev V.A., Kudrjavina L.A., Beljaev O.F. Ocenka jeffektivnosti ispol'zovaniya niti dlja obrazovaniya jacheek zadannyh razmerov v strukture trikotazha // *Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti.* – 2010, №3. S.93...94.

10. Grigor'eva I.G., Kudrjavina L.A. Razrabotka algoritma sistemy avtomatizirovannogo opredeleniya tipa soedinitel'nyh protjazhek trikotazha uvelichennoj tolshhiny // *Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti.* – 2013, №4. S.89...92.

11. Citovich I.G., Galushkina N.V. Formalizovannoe opisanie trikotazhnyh poloten reguljarnykh struktur kak material'nogo ob'ekta // *Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti.* – 2010, №7. S.45...51.

12. Citovich I.G., Galushkina N.V. Strukturnyj bazis upravljaemykh peremennykh i parametrov, odnosjashihsjja k opisaniju i proektirovaniju trikotazhnyh poloten i izdelij // *Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti.* – 2011, №1. S.84...89.

13. Citovich I.G., Varlamov A.R., Galushkina N.V. Realizacija procedury proektirovaniya i proizvodstva trikotazhnogo polotna na baze futerovannogo perepletienija // *Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti.* – 2011, №6. S.80...87.

14. Citovich I.G., Spirina Ju.B., Galushkina N.V., Maljuta V.V. Obespechenie zadannyh trebovanij po rastjazhimosti chulochno-nosochnykh izdelij na osnove kontrolja strukturnykh parametrov trikotazha // *Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti.* – 2010, №3. S.88...92.

15. Zheltikov M.V., Kolesnikova E.N. Razrabotka parametrov i harakteristik jelektromagnitnogo privoda igl trikotazhnoj mashiny // *Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti.* – 2010, №2S. S.60...63.

16. Zheltikov M.V., Kolesnikova E.N., Murakaeva T.V. Jelektromagnitnye sistemy dlja peremeshhenija igl na ploskovjazal'nykh mashinah // *Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti.* – 2010, №8. S.73...76.

17. Zheltikov M.V., Kolesnikova E.N. Raschet parametrov mul'tiklassovogo perepletienija na ploskovjazal'nykh mashinah // *Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti.* – 2012, №2. S.90...93.

18. Levin F.A., Kolesnikova E.N., Nikolaev V.D. Matematicheskij metod opisaniya tehnologii processa petleobrazovaniya s ispol'zovaniem pazovykh igl // *Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti.* – 2013, №1. S.94...96.

19. Kolesnikova E.N., Skopinceva E.A., Murakaeva T.V., Lanshakov D.E. Metodika proektirovaniya tehnologii soedinenija okata rukava i projmy stana cel'novjazanogo izdelija, vyrabatyvaemogo na ploskovjazal'noj mashine // *Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti.* – 2011, №3. S.79...82.

20. Kolesnikova E.N., Lanshakov D.E. Proektirovanie tehnologii vjazaniya plechevykh cel'novjazanykh izdelij s vtachnym tipom rukava // *Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti.* – 2012, №1. S.84...87.

21. Bronz G.A. Informacionnaja baza i algoritm avtomatizirovannogo proektirovaniya tehnologii poshiva bel'evykh trikotazhnykh izdelij // *Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti.* – 2007, №4. S.64...69.

22. Svezhakova O.I. Sistema avtomatizirovannogo proektirovaniya izdelij iz trikotazha // *Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti.* – 2008, №2S. S.98...100.

23. Zinov'eva V.A., Morozova L.V., Pivkina K.S. Razrabotka i issledovanie trikotazha osnovovjazanykh lastikov // *Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti.* – 2008, №3. S.81...83.

24. Morozova L.V., Zinov'eva V.A. O strukture trikotazha kipernykh i filejnykh perepletienij // *Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti.* – 2009, №4. S.76...79.

25. Filicheva T.V., Zavaruev V.A., Viktorov V.N., Borovkov V.V. Formoobrazovanie trikotazha so sbrosennyimi petljami // *Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti.* – 2013, №2. S.101...104.

26. Fokina E.V., Stroganov B.B. Issledovanie svojstv proizvodnykh i kombinirovannykh trikotazhnykh perepletienij // *Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti.* – 2011, №1. S.92...95.

27. Fokina E.V., Stroganov B.B. Razrabotka tehnologii izgotovlenija ognestojkogo trikotazhnogo polotna dlja poletnykh kostjumov kosmonavtov // *Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti.* – 2011, №2. S.61...64.

28. Sabyrhanova S.Sh., Bajzhanova S.B. Snizhenie materialoemkosti trikotazhnogo polotna // *Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti.* – 2011, №2. S.64...67.

29. Bajzhanova S.B., Sadykova A.A., Batirkulova A.A. Razrabotka struktur i sposobov poluchenija dvushlojdnogo trikotazha na ploskolangovoj mashine KN-323 D // *Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti.* – 2012, №6. S.106...109.

30. Mahmudova G.I., Dzhanaipazova V.M., Dajrabaj D.D., Abiltaeva M.Zh. Razrabotka struktur i sposobov poluchenija formoustojchivogo kulirnogo utochnogo trikotazha // *Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti.* – 2012, №1. S.87...91.

31. Dzhanaipazova V.M., Mahmudova G.I., Rahmankulova Zh.A. Novaja shema trikotazhnoj mashiny dlja poluchenija trikotazha s uvelichennoj dlinoj pljushevyyh protjazhek // *Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti.* – 2012, №2. S.93...96.

32. Rovinskaja L.P., Arbuzov A.A., Vigelina O.A. Osobennosti proektirovaniya tehnologicheskikh parametrov struktury trikotazha pri kombinirovannykh zapravkah tekstil'nykh nitej // *Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti.* – 2010, №6. S.50...52.

33. Rovinskaja L.P., Arbuzov A.A., Vigelina O.A. Osobennosti proektirovaniya tehnologicheskikh parametrov struktury trikotazha pri kombinirovannykh zapravkah tekstil'nykh nitej // *Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti.* – 2011, №1. S.89...92.

34. Rovinskaja L.P., Vigelina O.A. Issledovanie rastjazhimosti bortika noska // *Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti.* – 2011, №1. S.89...92.

35. Stoljarov O.N., Truevcev A.V. Mehanicheskie svojstva kulirnogo trikotazha iz aramidnykh nitej // *Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti.* – 2009, №2. S.68...70.

36. Bashkova G.V., Bashkov A.P., Aleshina D.A., Natertshev I.Ju. Predstavlenie mehanicheskikh svojstv trikotazhnogo polotna s ispol'zovaniem metoda

konechnykh jelementov // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2009, №3. S.77...81.

37. Bashkov A.P., Bajzhanova S.B., Bashkova G.V., Sarybaeva Je.V. Modelirovanie mehanicheskikh svojstv interlochnogo trikotazha // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2013, №2. S.153...158.

38. Bashkova G.V., Bashkov A.P., Aleshina D.A., Sokolova S.V. Proektirovanie osnovnykh svojstv trikotazhnykh geopoloten // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2013, №3. S.159...162.

39. Kapralov V.V., Chistoborodov G.I., Nikiforova E.N., Onipchenko D.A. Issledovanie fiziko-mechanicheskikh svojstv novogo osnovovjazanogo polotna s usilivajushhimi nitjami // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2013, №3. S.77...82.

40. Bureev S.K., Sitnikova I.N. Opredelenie sily natjazhenija petli v mehanizme jazychkovoij igly pri pressovanii // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2012, №2. S.117...119.

41. Chistoborodov G.I., Kapralov V.V., Nikiforova E.N. Issledovanie vlijanija formy krjuchka igly na jeffekt peretjazhki kuliruemoj niti // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2012, №3. S.144...148.

42. Tolstikova-Krutikova L.A. Prognozirovanie srednej dliny niti v petle trikotazha s raznoj dolej zapolnenija zhakkardovymi petljami // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2012, №4. S.116...119.

43. Banakova N.V., Bezdenezhnyh A.G., Krutikova V.R. Analiz pokazatelja naprjazhennosti processa vjazanija pri pererabotke l'njanov prjazhi // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2009, №4S. S.91...93.

44. Banakova N.V., Krutikova V.R., Bezdenezhnyh A.G., Ocenka chastotnykh harakteristik processa vjazanija metodom vejjvet-analiza // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2010, №5. S.72...74.

45. Banakova N.V., Krutikova V.R. Ocenka narushenij processa vjazanija na osnove spektral'nogo analiza // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2013, №3. S.89...92.

Рекомендована кафедрой технологии и проектирования тканей и трикотажа. Поступила 17.11.14.

УДК 677.025

## АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ ИНТАРЗИЙНЫХ ПОЛОТЕН С АЖУРНЫМ СПОСОБОМ СОЕДИНЕНИЯ И РАБОТЫ НИТЕВОДОВ ПРИ ИХ ВЫРАБОТКЕ

### ANALYSIS OF STRUCTURES INTARSIA CANVAS WITH OPENWORKS METHOD FOR COMPOUND AND THE WORK OF YARN GUIDES IN THEIR GENERATION

*Е.В. НИКОЛАЕВА, Т.В. МУРАКАЕВА, С.И. ПИВКИНА*  
*E.V. NIKOLAEVA, T.V. MURAKAEVA, S.I. PIVKINA*

(Московский государственный университет дизайна и технологии)  
(Moscow State University of Design and Technology)  
E-mail: kafedra\_ttp@mail.ru

*В статье рассмотрены особенности структуры ажурного соединительного замка в переплетении интарзия, вырабатываемого на базе кулирной и двухизнаночной глади. Представлены новые варианты интарзийных соединений.*

*In the article the features of structure openwork connecting castle in the interweaving intarsia produced on the base of jersey structure and double wrong side structure. Presents new options compounds of intarsia.*

**Ключевые слова:** нитевод, интарзия, петельный ряд, плосковязальная машина.

**Keywords:** guide, intarsia, hinge series, knitting machine.

В настоящее время одной из тенденций современной моды является применение геометрических рисунков (в основном, в клетку и в полоску) на трикотажных полотнах. Одним из переплетений, на базе которого можно получать данные узоры, является интарзия. Как известно, интарзия – это кулирный трикотаж, участки которого образованы из различных по виду или цвету нитей, а соседние участки соединены по петельным столбикам замком различных переплетений [1].

Особый интерес представляет рассмотрение трикотажа с интарзией с точки зрения качества соединения, визуального эффекта, полученного на полотне, и технологии его выработки. В представленной работе рассмотрены ажурный базовый и комбинированные способы соединения трикотажа с интарзией на базе кулирной и двухизнаночной глади. Комбинации различных

вариантов соединения нитей различных цветов позволили разработать новые варианты соединений интарзийного трикотажа.

В табл. 1 представлена структура заходного ажурного способа соединения трикотажа с интарзией на базе кулирной глади. В ажурном заходном способе соединения при переносе, например, только одной петли одного цвета на полосу второго цвета, мы получаем два ажурных отверстия, расположенных по вертикали в шахматной расстановке друг от друга: одно за счет переноса петли, а другое – за счет того, что полосы разного цвета не соединяются между собой. Петли второго цвета так же, как и в заходном трикотаже, имеют наклон. Толщина такого соединения в основном не отличается от толщины основного полотна, но в месте сдвоенных петель за счет переноса получаем утолщение.

Таблица 1

Способы соединения нити 1 Способы соединения нити 2	Заходный с ажурным соединением на одну петлю	Заходный на один петельный столбик
Заходный на один петельный столбик		
Заходный на два петельных столбика		

В табл. 2...4 представлен ажурный способ соединения трикотажа с интарзией на базе кулирной глади (табл. 2), ажурное соединение на две петли трикотажа с интарзией на базе кулирной глади с выключенными иглами (табл. 3), и на базе двухизнаночной глади (табл. 4). При данном способе соединения вертикальных полос разно-

го цвета после петель, которые были перенесены в замке соединения, образуются наброски. Это придает полотну ажурный эффект в виде разноцветных ажурных отверстий, расположенных по вертикали, в заданной раппортом последовательности. При переносе одной петли происходит образование одного наброска со стороны пе-

ренесенной петли. Плотность в таком соединительном замке меньше плотности основного полотна, что обусловлено ажурными отверстиями. При переносе двух рядом стоящих петель с той или дру-

гой стороны соединительного замка мы получаем сдвоенные наброски – увеличенные ажурные отверстия, которые также повторяются по вертикали в последовательности, указанной в раппорте.

Таблица 2

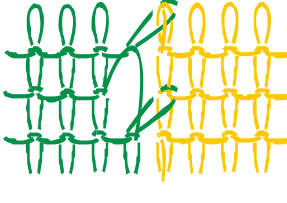
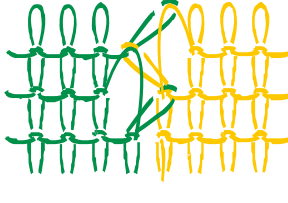
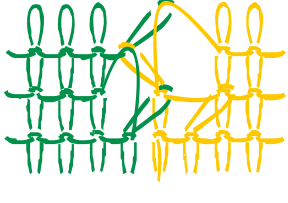
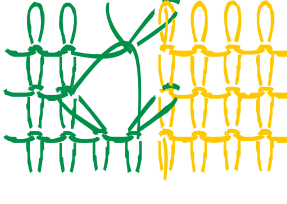
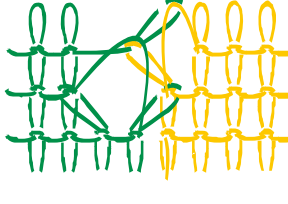
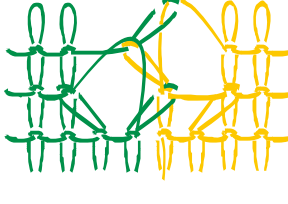
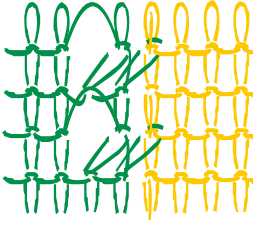
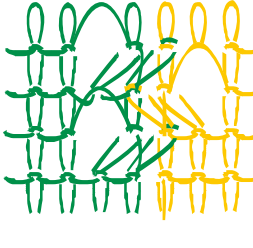
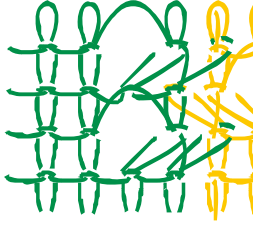
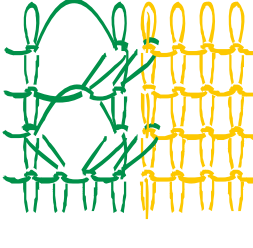
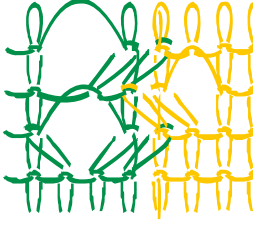
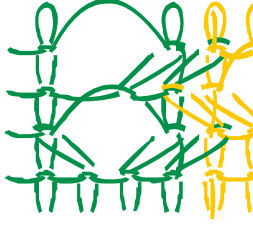
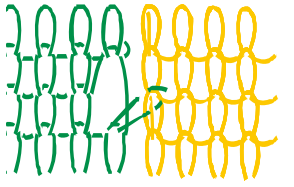
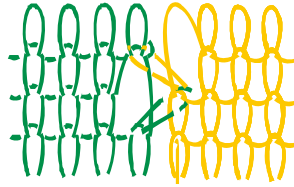
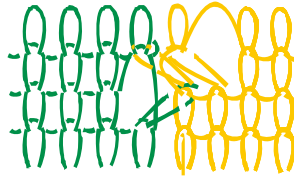
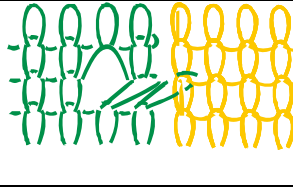
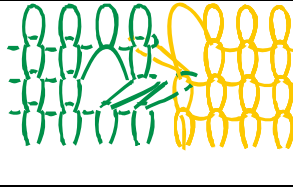
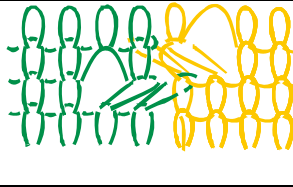
Способы соединения нити 1 Способы соединения нити 2	Отсутствие соединения нити 1	Ажурное соединение (перенос одной петли)	Ажурное соединение с выключенными иглами (перенос одной петли)
Ажурное соединение (перенос одной петли)			
Ажурное соединение с выключенными иглами (перенос одной петли)			

Таблица 3

Способы соединения нити 1 Способы соединения нити 2	Отсутствие соединения нити 1	Ажурное соединение (перенос двух петель)	Ажурное соединение с выключенными иглами (перенос двух петель)
Ажурное соединение (перенос двух петель)			
Ажурное соединение с выключенными иглами (перенос двух петель)			



Способы соединения нити 1 Способы соединения нити 2	Отсутствие соединения нити 1	Ажурное соединение (перенос одной петли)	Ажурное соединение на базе двухизнаночной глади (перенос двух петель)
Ажурное соединение (перенос одной петли)			
Ажурное соединение на базе двухизнаночной глади (перенос двух петель)			

При соединении цветных полос по диагонали ажурным замком на полотне не достигается четкости линий соединения двух или более цветов за счет образования в соединительных петельных столбиках ажурных отверстий или протяжек. При использовании в замке соединения нитей разных по виду, плотности, структуре и составу можно получить различные рельефные и визуальные эффекты. Так, например, если необходимо, чтобы на изделии был участок, отличающийся не только по цвету, но и по свойствам, можно данный участок вывязать из пряжи другой структуры и обладающей другими свойствами.

## ВЫВОДЫ

1. Разработаны новые способы соединения трикотажа с интарзией на основе ажурного переплетения, вырабатываемого на базе кулирной и двухизнаночной глади.

2. Произведен анализ базового, комбинированного и новых способов интарзий-

ных соединений на основе ажурного переплетения (ажурный, заходный ажурный, ажурный с выключенными иглами). Анализ показал, что наиболее прочным является ажурный соединительный замок, но при этом отсутствует четкость линий соединения цветов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кудрявин Л.А., Шалов И.И. Основы технологии трикотажного производства. – М.: Легпромбытиздат, 1991.

## REFERENCES

1. Kudrjavina L.A., Shalov I.I. *Osnovy tehnologii trikotazhnogo proizvodstva*. – M.: Legprombytizdat, 1991.

Рекомендована кафедрой проектирования и художественного оформления текстильных изделий. Поступила 02.03.15.



УДК 687:339.137

**ИЗМЕНЕНИЕ ВОДОНЕПРОНИЦАЕМОСТИ ОДЕЖДЫ  
ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ДИНАМИЧЕСКИХ ДЕФОРМАЦИЙ\***

**THE CHANGE OF CLOTHS WATERPROOFNESS  
UNDER THE INFLUENCE OF DYNAMIC DEFORMATIONS**

*О.В. МЕТЕЛЕВА, В.В. ТАШЕВ, Е.Н. НИКИФОРОВА*  
*O.V. METELEVA, V.V. TASHEV, E.N. NIKIFOROVA*

(Ивановский государственный политехнический университет)  
(Ivanovo State Polytechnic University)  
E-mail: olmet07@yandex.ru, valojes@gmail.com

*В статье представлены результаты экспериментальных исследований влияния циклических деформаций износа на водонепроницаемость одежды. Установлено, что воздействие деформаций растяжения, изгиба и трения снижает водонепроницаемость ткани и швов в одежде.*

*In the article there are presented the results experimental researchs of the influence round-robin deformations of a wear-out for clothes waterproofness. It is Installed, that the deforming influence of a sprain, a bendability, a friction reduces the fabrics and joints waterproofness in cloths.*

**Ключевые слова:** водонепроницаемость, циклическая деформация, растяжение, изгиб, трение, дождевание, специальная одежда.

**Keywords:** waterproofness, round-robin deformation, sprain, bendability, friction, sprinkling, special cloth.

Наряду с технологическими факторами производства [1...5] на защитные свойства одежды влияют условия ее носки и условия воздействия агрессивных сред. Одна из причин снижения водоупорности швейного изделия – многократно повторяющиеся деформации различного характера, так как для одежды несвойственно статическое состояние. Она постоянно подвергается циклическим деформациям. Измере-

ние водонепроницаемости материалов и швов в динамических условиях позволяет иметь более объективную оценку уровня защиты швейного изделия от воды.

Цель настоящего исследования – оценка степени изменения водонепроницаемости материала и ниточных швов в результате воздействия циклических деформаций растяжения, изгиба и трения, характерных для условий носки одежды.

\* Статья подготовлена в рамках выполнения проектной части госзадания № 11.1898.2014/К.

Объектами исследований в работе являлись:

- текстильные материалы: ткань для спецодежды арт. 3218 с ВО (поверхностная плотность – 360 г/м<sup>2</sup>, основа и уток – ВХ 85 % + ВК 15 %) и ткань плащевая "Скатчгард" арт. 62222 с ВО (поверхностная плотность – 250 г/м<sup>2</sup>, основа – НПЭф, уток – ПрВис);

- ниточные соединения различных конструкций (режим ниточного машинного соединения:  $n_{10} = 3,3$ ; нитки – армированные 44ЛХ-1; игла – 90SPI), выполненные с применением универсального швейного оборудования.

В работе применялись экспериментальные методы исследований с использованием специальных приборов. Условия испытаний выбирали с учетом климатической зоны применения швейного изделия, моделируя условия эксплуатации изделия:

- исследование влияния деформаций изгиба и растяжения осуществляли на приборе ПВД-2 (Ивмашприбор, Россия) методом измерения времени до промокания ткани и швов в условиях действия заданной деформации (скорость испытаний – 2 цикла/с; величина относительной продольной и поперечной деформации –  $\pm 0...14\%$ );

- исследование водонепроницаемости в процессе воздействия деформации трения одновременно с дождеванием внешней поверхности образцов проводили на разработанной дождевальной установке с узлом для осуществления деформации трения и

датчиком для определения момента промокания: скорость истирания – 12 циклов/мин; применяли различные абразивные материалы – основной материал, щетка, сукно; условия воздействия воды – постоянное воздействие дождевания заданной интенсивности в пределах 0...0,10 кг/с: скорость падения воды можно изменять в пределах 0...3 м/с, давление на элементарную пробу – 0...54 Па. Определение водонепроницаемости осуществляли по диаграмме изменения поверхностного электрического сопротивления (ПЭС) внутренней поверхности образцов.

Результаты исследований заключались в следующем.

При отсутствии деформации продолжительность времени до промокания шва зависит от способности ткани поглощать воду и количества соединенных слоев в шве [6]. Утолщенные и уплотненные места соединения имеют более высокую водупорность при гидростатическом давлении, в том числе, если шов располагается под углом к нити основы на деталях. Но это преимущество теряется совершенно при воздействии на швы растягивающих, сжимающих, изгибающих и истирающих деформаций. Из зависимости времени промокания ткани и настрочного шва от амплитуды деформации "растяжение-изгиб" (рис. 1) видно, что в наибольшей степени герметичность швов снижает деформация растяжения, направленная перпендикулярно шву, в наименьшей – деформация изгиба, направленная вдоль шва.

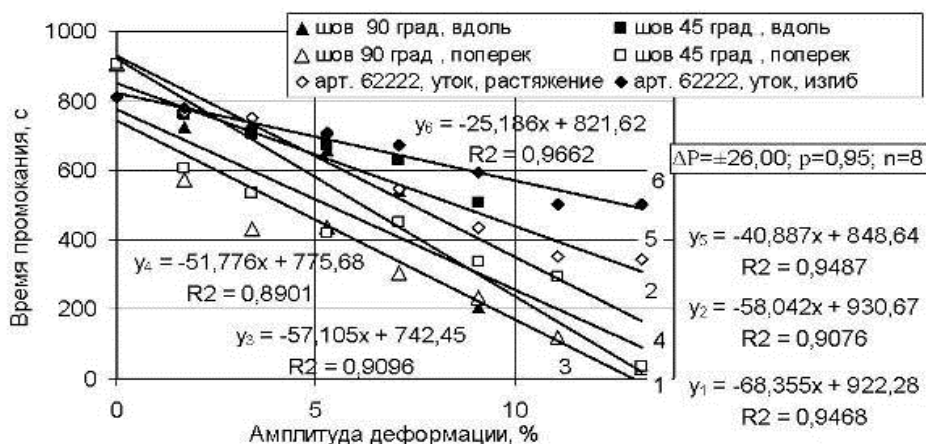


Рис. 1

В деформируемом состоянии швы могут терять способность сопротивляться проникновению воды более чем в 20 раз, в зависимости от характера, направления, величины деформации и конструкции шва. При действии одноосной деформации растяжения или изгиба швы менее герметичны, чем ткань при действии таких же деформаций. Растяжение нитей ткани и расшатывание ее структуры при аналогичном по амплитуде деформировании приводит к потере способности ткани сопротивляться проникновению воды при растяжении и изгибе на 45 %. Установлено, что использование многослойных пакетов на открытой поверхности одежды при возникновении в швах в процессе носки значительных по величине деформаций не обеспечивает достаточной водонепроницаемости изделия в целом – продолжительность времени до промокания негерметизированных швов в 2 раза ниже, чем ткани. Увеличение количества слоев ткани в шве и его уплотнение за счет настрочивания припусков приводят иногда к большему снижению водонепроницаемости. Увеличение времени промокания швов наблюдается только для соединений одновременно нескольких деталей и при условии отсутствия перепада толщины от детали к детали.

Для проектирования одежды в качестве менее проницаемых для воды могут быть рекомендованы решения, предполагающие увеличение количества слоев ткани на поверхностях, испытывающих значительные деформации поперечного растяжения и трения. Однако создание утолщения и неравномерности толщины пакета в зоне соединительного шва с точки зрения уменьшения истираемости поверхности нежелательно.

Действие истирающих нагрузок характерно в большей степени для закрытых от прямого воздействия воды поверхностей одежды. Однако трение – одно из наиболее часто встречающихся эксплуатационных деформаций, разрушающих изделие в процессе носки. Особенно оно опасно для плечевого участка опорной поверхности одежды, поскольку он постоянно открыт для воздействия воды, и этот участок пе-

ресекают ремни и ручки навешиваемых емкостей для переноски снаряжения – рюкзаков, сумок. Действие этого фактора на снижение водонепроницаемости изделия до сих пор было не изучено. Величина давления при трении установлена на основе известных данных по массе переносимых предметов и с учетом его перераспределения по ширине ремней и сумок. Поскольку места утолщений в области швов при действии истирающей нагрузки разрушаются быстрее, чем прилегающие к ним участки тканей, исследованиям времени промокания швов уделено в работе пристальное внимание. Учитывая наибольшую распространенность стачных, настрочных и накладных швов при изготовлении одежды, исследовано влияние трения на продолжительность их промокания при дождевании.

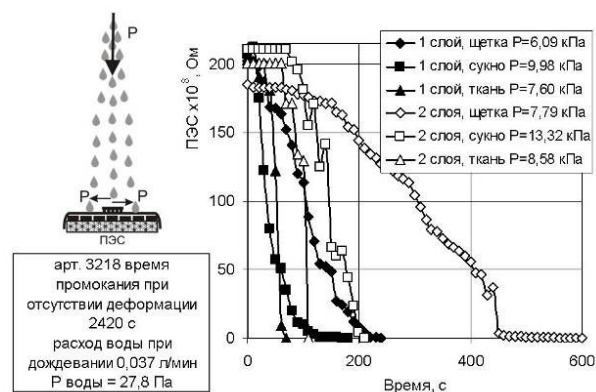


Рис. 2

Исследование влияния трения на продолжительность промокания ткани при дождевании показало, что увеличение количества слоев однозначно приводит к увеличению продолжительности промокания (рис. 2). Для швов вывод не столь однозначен (рис. 3; на рисунках использованы специальные условные обозначения структур исследованных пакетов тканей и швов: цифры до запятой – количество слоев; знак "+" – ниточная соединительная строчка; цифра после запятой – количество слоев в отделочной строчке; цифра в скобке – количество подогнутых слоев в накладном шве).

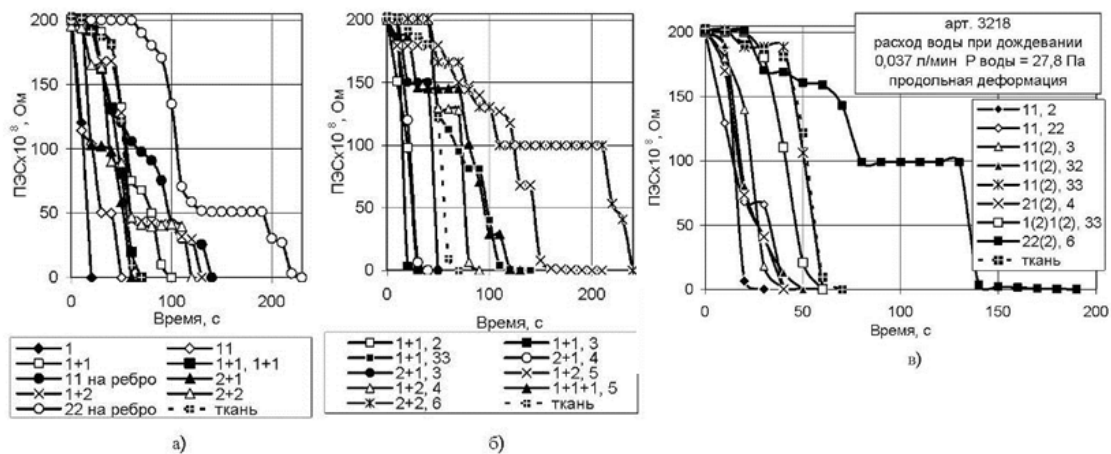


Рис. 3

На полученных экспериментально диаграммах изменения ПЭС всегда представлены три периода разной продолжительности, зависящей от уровня водозащитных свойств и условий испытаний, характеризующих: 1 – неизменность ПЭС во времени – наличие водонепроницаемых свойств; 2 – значительное уменьшение ПЭС во времени (в соответствии с линейной зависимостью) – намокание поверхности материала – постепенное заполнение макропор между волокнами и нитями – начало процесса проникновения воды в элементарную пробу; 3 – ПЭС изменяется в небольших пределах с маленькой скоростью – заполнение объема материала или пакета узла или шва – элементарная проба намокла (рис. 2, 3).

Менее проницаемы для воды только те швы, которые соединяют более двух слоев с направлением припусков в сторону более толстого пакета и с выполнением двух и более строчек – очень редкий конструктивный вариант при изготовлении швейных изделий. Этот факт должен быть учтен при проектировании конструкции соединения и выборе места расположения защитных деталей:

- при создании модели одежды должны быть изучены наиболее характерные профессиональные движения и участки взаимодействия изделия с трущими поверхностями, особенно для открытых воздействию воды узлов и деталей;

- припуски соединительных швов не должны создавать неравномерные по толщине пакеты для швов, испытывающих деформации растяжения, а для швов, испытывающих трение, припуски швов целесообразно направлять в сторону большего по толщине пакета;

- для уплотнения соединений рекомендуется использовать более одной отделочной строчки.

Но достижение максимальной сопротивляемости действию воды и обеспечение меньшего разрушения наиболее подверженных разрушению трением соединительных швов – два аспекта при выполнении проекта модели одежды, взаимопроверочающих друг друга. Это – дилемма, решение которой полностью находится в компетенции конструктора и технолога. Кроме того, увеличение количества отделочных строчек сопряжено с увеличением трудоемкости обработки изделия или с использованием более дорогой специальной двухигольной швейной машины [6].

Таким образом, неизбежное действие на детали и места их соединения различных по величине и характеру деформаций приводит к снижению времени проницаемости для воды. Этот факт должен быть учтен при проектировании конструкции соединения и выборе места расположения защитных деталей. В качестве менее проницаемых для воды могут быть рекомендованы проектные решения, предполагающие увеличение количества слоев ткани

на поверхностях, испытывающих значительные деформации поперечного растяжения и трения. Припуски соединительных швов не должны создавать неравномерные по толщине пакеты для швов, испытывающих деформации растяжения, а для швов, испытывающих трение, припуски швов целесообразно направлять в сторону большего по толщине пакета. Для уплотнения соединений рекомендуется использовать более одной отделочной строчки.

Альтернативой усилиям по выбору рациональных конструктивно-технологических решений с учетом всех уже известных и установленных в результате исследований факторов может быть только дополнительная герметизация мест ниточных соединений [7], [8], а также участков изделий, подверженных максимальному воздействию воды. При этом затраты материалов и времени, связанные с необходимостью проектирования мероприятий по сохранению водозащитного эффекта изделия, исключаются. Проведение операций по локальному повышению водозащитной способности на заданных поверхностях позволяет регулировать уровень качества одежды в соответствии с требованиями.

## ВЫВОДЫ

1. Воздействие значительных по величине эксплуатационных деформаций на детали и места их соединения в одежде всегда приводит к снижению времени их проницаемости для воды.

2. При разработке проектов специальной одежды из тканей с водоотталкивающей отделкой для обеспечения более высокого уровня водозащитных свойств на открытых участках изделия необходимо учитывать специфические особенности его эксплуатации.

3. Повышению и сохранению водозащитного эффекта одежды в зонах, наиболее подверженных деформациям растяжения и трения, способствует увеличение количества слоев, толщины и плотности пакетов, в том числе соединительных швов.

1. Белова И.Ю., Бабашова Е.Е., Веселов В.В. Технологические аспекты обработки изделий из композиционных материалов, содержащих специализированные нанослои металлов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, № 5. С.90...97.

2. Белова И.Ю., Томин Н.Г. Математические аспекты конструкторско-технологического решения камуфлирующих изделий // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2014, № 1. С.114...119.

3. Заботкин Д.Д., Бородина И.А., Королева С.В., Веселов В.В. Разработка и исследование технологии безниточного предохранения срезов от осыпания // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, № 2. С.100...105.

4. Белова И.Ю., Веселов В.В., Горберг Б.Л. Разработка и исследование экранирующих свойств пакета материалов в изделиях специального назначения // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2011, № 2. С.72...77.

5. Матвеева Е.В., Метелева О.В. Влияние параметров образования ниточной строчки на миграцию перопуховой смеси в швейных изделиях // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. – 2011, № 1. С.36...39.

6. Белова И.Ю., Веселов В.В. Разработка технологии дифференцированного по свойствам ниточного соединения // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2011, № 1. С.96...100.

7. Сурикова М.В., Метелева О.В., Коваленко Е.И. Соединение защитных материалов при использовании самоклеющегося пленочного материала // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, № 5. С. 101...104.

8. Метелева О.В. Теоретическое обоснование эффективного применения химических материалов при изготовлении защитных швейных изделий // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, № 4. С. 109...113.

## REFERENCES

1. Belova I.Ju., Babashova E.E., Veselov V.V. Tehnologicheskie aspekty obrabotki izdelij iz kompozicionnyh materialov, soderzhashhih specializirovannye nanosloi metallov // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2013, № 5. S.90...97.

2. Belova I.Ju., Tomin N.G. Matematicheskie aspekty konstruktorsko-tehnologicheskogo reshenija kamuflirujushhih izdelij // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2014, № 1. S.114...119.

3. Zobotkin D.D., Borodina I.A., Koroleva S.V., Veselov V.V. Razrabotka i issledovanie tehnologii beznitochного predohranenija srezov ot osypanija // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2012, № 2. S.100...105.

4. Belova I.Ju., Veselov V.V., Gorberg B.L. Razrabotka i issledovanie jekranirujushhих svojstv paketa materialov v izdelijah special'nogo naznachenija // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2011, № 2. S.72...77.

5. Matveeva E.V., Meteleva O.V. Vlijanie parametrov obrazovanija nitochnoj strochki na migraciju peropuhovoj smesi v shvejnyh izdelijah // Izv. vuzov. Tehnologija legkoj promyshlennosti. – 2011, № 1. S.36...39.

6. Belova I.Ju., Veselov V.V. Razrabotka tehnologii differencirovannogo po svojstvam nitochnogo soedinenija // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2011, № 1. S.96...100.

7. Surikova M.V., Meteleva O.V., Kovalenko E.I. Soedinenie zashhitnyh materialov pri ispol'zovanii samoklejushhegosja plenochnogo materiala // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2013, № 5. S. 101...104.

8. Meteleva O.V. Teoreticheskoe obosnovanie jeffektivnogo primenenija himicheskikh materialov pri izgotovlenii zashhitnyh shvejnyh izdelij // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2013, № 4. S. 109...113.

Рекомендована кафедрой технологии швейных изделий. Поступила 29.05.15.

УДК 746.411

## РУССКИЙ СВАДЕБНЫЙ КОСТЮМ XVIII-XIX ВЕКОВ

### RUSSIAN WEDDING SUIT XVIII-XIX CENTURIES

*K.E. РОМАНОВА*

*K.E ROMANOVA*

(Ивановский государственный политехнический университет,  
Шуйский филиал Ивановского государственного университета)

(Ivanovo State Polytechnical University,  
Shuya (branch) of Ivanovo State University)

E-mail: rom.ke@mail.ru

*В статье рассмотрена история русского свадебного костюма XVIII-XIX веков, его положение в культурно-историческом пространстве России. Традиционный народный свадебный костюм является отражением целостной картины гармоничного мира, уникальной полифункциональной системой духовно-нравственных и эстетических ценностей, результатом многовековой эволюции народного творчества.*

*The article deals with the history of the Russian wedding costume XVIII-XIX centuries, its position in the historical-cultural space of Russia. Traditional folk wedding dress is a reflection of a coherent picture of a harmonious world, a unique multifunctional system of moral and aesthetic values, the result of centuries of evolution of folk art.*

**Ключевые слова:** традиционный русский народный свадебный костюм.

**Keywords:** traditional Russian folk wedding dress.

Свадебный наряд особенный – обрядовый, он украшался гораздо богаче, чем праздничный костюм. Более того, в русской народной культуре свадебные наряды

жениха и невесты часто служили не одному человеку, а целой деревне. Отчасти это объяснялось тем, что согласно обычаю жениха и невесту величали на свадьбе

"князем" и "княгиней", и костюм непременно должен был соответствовать такому именованию. Как правило, свадебное платье изготавливали из фабричного покупного шелка, бархата или парчи. Головной убор невесты украшали большим количеством речного жемчуга, бисера, цветного стекла или перламутра, поэтому он был необычайно тяжелым. Иногда его убранство стоило до 300 рублей ассигнациями, что в середине XIX века было изрядной суммой.

Еще в глубокой древности появились различия между свадебным и венчальным нарядом. И хотя в городском быту давно отказались от прежних народных традиций, у невесты должно было быть два разных платья – для венчания и для свадебного пира: ведь к венцу идет девушка, обряженная в платье и головной убор, обозначающие ее девственность, а из-под венца она выходит уже замужней дамой. На голове у невесты была повязана девичья повязка, не покрывавшая волос (в церковь для совершения церемонии она входила с распущенными волосами, которые после венчания заплетали в две косы и убрали в полностью скрывавший волосы головной убор). Девушки носили очелья, повязки или ленту, а замужние – "сороки" и "кокошники". Кокошники были распространены на севере и их обычно заказывали профессиональным мастерицам, а южные "сороки" изготавливали в домашних условиях. Главное требование к головному убору замужней женщины заключалось в том, чтобы он полностью закрывал волосы. Когда под влиянием европейской моды в начале XVIII века вошли в обиход "фонтанжи", русские дамы удивительно легко к ним привыкли, потому что типологически они были близки к русскому кокошнику. Очелье (налобная часть) кокошника делалось из липового луба. На лубочных картинках часто изображалась дама в высоком фонтанже, а подпись гласила: "Липовый фантаж, хоть дегтем смажь". Искажение названия не случайно, нам известны многие слова, заимствованные из французского языка и укоренившиеся в русском языке в искаженном виде [3].

Фонтанж примирил русских женщин с необходимостью изменять прическу: основу модной новинки точно так же, как и основу кокошника и девичьего очелья, делали из липы.

Обычай, согласно которому замужняя женщина должна была покрывать голову, сохранялся еще очень долго. В первой половине XIX века, с воцарением новой моды, еще юные, но вступившие в брак женщины стремились с утра покрыть волосы чепцом, а отправляясь в театр, на бал или с визитами – вечерними тюрбанами, шляпками-токами или другими модными головными уборами. Так древний обычай поддерживался с помощью нововведений. Во второй половине столетия, когда разнообразные шляпы предназначались только для улицы, замужние дамы носили кружевные наколки, все еще не отваживаясь нарушить древний обычай: открыть волосы (иначе – опростоволоситься) перед посторонними считалось непростительным прегрешением.

Французский художник Арман Убиган (1789-1861) в 1821 году издал альбом из 50 литографий, посвященных русским нравам и обычаям. Известно, что Убиган воспользовался более ранними работами англичанина Джона Аткинсона (1775 - после 1831), также работавшего в России. Одна из этих раскрашенных литографий называется *Русская свадьба*. На ней изображено скромное крестьянское венчание, но одна деталь весьма красноречива и указывает на то, что французский мастер отличался наблюдательностью [1].

Венцы надеты прямо на головы венчающейся пары. Обычай этот очень древний и сохранялся в деревенском быту до начала XX века. Александр Блок венчался с Любовью Менделеевой в деревенской церкви. "Обряд совершался неторопливо. Когда пришло время надевать венцы, мы увидели не золотые, разукрашенные, к каким привыкли в городе, а ярко блестящие серебряные венцы, которые, по старинному, сохранившемуся в деревне обычаю, надели прямо на головы", – вспоминала их родственница М. Бекетова [4].

Скорее всего, обычай изменился в XVIII столетии, когда под влиянием западной моды преобразился внешний облик российских горожан. Обронить кольцо или, тем более, венец во время венчания считалось очень плохим предзнаменованием, и с появлением пышных париков и очень высоких причесок венцы стали держать "дружки", которых теперь называют "шаферами". Церковь была вынуждена модернизировать некоторые детали старинного обряда – на мужском парике или сложной женской прическе с каркасом венец мог не удержаться, когда молодые должны были обходить аналой. Однако понадобилось более двух столетий, прежде чем старинный обряд был окончательно забыт. Ныне при венчании венцы держат над головой.

Венец – не только знак таинства венчания. Присутствующие в храме всегда могли узнать некоторые подробности о жизни будущей семейной пары. Если один из вступающих в брак делал это вторично, венец ему или ей клали на правое плечо; в третий раз – на левое [1].

До петровских реформ особых отличий в крое одежды у различных сословий не было. Рубахи боярина и крестьянина отличались лишь качеством ткани и отделкой, как сарафан и душегрея боярыни – от сарафана и душегреи бедной крестьянки. Шелковые ленты и шитые золотом кокошники были недоступны женщинам низших сословий, но декоративность и праздничность одежды простолюдинов достигалась другим способом. Головные уборы украшались цветными перышками домашней птицы, шариками – "пушками" из гусяного пуха, цветной фольгой, мишурным позументом, пуговицами, цветным стеклом.

Идеалом красоты признавалась женщина статная и дородная. Известно, что если девушка не вышла ростом, на смотринах ее ставили на скамеечку, полностью скрытую длинным подолом. Правда, разоблачение было чревато наказанием для родителей и монастырем для барышни. Костюм преображал девушку. Он состоял из длинной рубахи, столь же длинного сарафана в северных губерниях и понева (не-

сшитой юбки) – в южных. Сверху надевалась душегрея или епанечка – короткая кофта с рукавами или на лямках. Обычно ее шили из плотной ткани. Это могло быть домотканое сукно, украшенное вышивкой и лентами. На свадьбу надевали парчовую или бархатную душегрею. Дорогую ткань кроили очень бережно, не делали лишних разрезов, сохраняли каждый кусочек. Знаменитые лоскутные одеяла из цветных ситчиков, столь популярные в русской деревне 150 лет назад, можно назвать эстетизированной бедностью, и появились они потому, что в крестьянском быту всегда высоко ценилась любая ткань фабричного производства [2].

В основу кроя народного костюма положены простые геометрические формы. Этим достигалась свобода движения и безразмерность традиционной одежды. Все праздничные костюмы передавались по наследству и были впору любому члену семьи. Так, структура орнамента в виде узорчатых полос позволяла наращивать или уменьшать длину без ущерба для общего декоративного решения [7].

Душегрея не составляла исключения. Это была широкая полоса ткани, которую собирали в мелкие складки и сверху скрепляли позументом, лентой или кружевом, низ наряда топорщился, демонстрируя все великолепие узорчатой ткани. Пышные складки душегреи, сарафан и нарядный головной убор делали дородной и статной любую девушку [5].

Девушки на выданьи носили "дымку" или фату, которой закрывали лицо. Обычно это был нарядный платок с вышивкой и далеко не всегда из легкой прозрачной ткани. На смотринах девушка лишь приоткрывала лицо, отвечая жениху. Неизвестный художник рубежа XVIII—XIX веков написал маслом на деревянной доске *Посиделки в доме у барина*, изобразив девушек с лицами, закрытыми либо фатой, либо веером. Некоторое время после свадьбы, обычно до появления ребенка, молодые женщины еще продолжали носить фату.

Рубаха и сарафан – лишь основные элементы костюма. Рубаху праздничных и обрядовых костюмов называли еще "рука-



вами" или "воротком". Видимая посторонним часть такой рубахи особенно тщательно украшалась, а снизу к ней подшивали обычную ткань, которую довольно часто меняли. Вышитую шелком, шерстью или золотой ниткой верхнюю часть рубахи передавали по наследству. Часто это была долгорукавка, рукава которой спускались буквально до полу. Их либо собирали в горизонтальные складки, либо снабжали "окошками" – прорезью на уровне кисти, чтобы нарядные рукава не стесняли движений.

Девушки и молодые женщины любили украшать себя бусами, ожерепками, серьгами, поднизями к головному убору, лентами и пуговицами [6]. Но во время венчания на невесте должно было быть как можно меньше украшений. В традиционном русском костюме обычно не упоминают о браслетах как образцах ювелирного искусства, вошедших в обиход одновременно с европейской модой. Браслетами называли зарукавья (запястья) из парчи, шелка, бархата, расшитые самоцветами, перламутром или гранеными стеклышками. Это своего рода съёмные манжеты, которые можно было перешивать на различные наряды. Их завещали, дарили, изготавливали на продажу, демонстрируя тем самым уникальный характер национальных украшений.

Русские художники охотно изображали русских женщин в национальных костюмах еще с конца XVIII столетия. Их образы запечатлели для нас Д.Г. Левицкий, И.П. Аргунов, А.Г. Венецианов и многие другие. Интерес к национальному костюму, на время угасший из-за приверженности просвещенного общества европейской моде, и не просто интерес, а изучение национального костюма и его коллекционирование возродились благодаря личным усилиям Екатерины II, вышедшей к императору Иосифу II в "русском" платье [5].

Отсутствие шлейфа, откидные рукава, неотрезное (или круглое) платье, более низкая, чем требовала европейская мода, причёска и были признаками того "русского" платья, которое носила Екатерина II, принимая иностранные посольства. Мода

"по царице" и была русской модой конца XVIII века. Именно она оказала влияние на церемониальное платье русского двора, введенное для придворных дам во время правления Николая II. Любопытно, что писатели и художники XIX века, даже такие, как П. И. Мельников-Печерский, обращаясь в своем творчестве к культуре XVIII столетия, использовали для наглядности картинки мод. Вот почему можно найти на страницах исторических романов причёски с "корабликом", а также платья с тяжелыми шлейфами не на коронации или церемонии венчания, а в повседневной жизни. Однако картинки отражали лишь состояние парижской моды тех лет, но отнюдь не реальную картину российской жизни.

Иное дело народный костюм. Он никогда не исчезал из обихода, хотя, разумеется, менялся под влиянием появления промышленного текстиля и красителей, новых видов занятости и средств передвижения. Обрядовые же костюмы сохранялись более тщательно, поскольку соответствие внешнего облика предстоящему обряду было залогом благополучия будущей семейной пары.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Бакланова Т.И.* Народная художественная культура в универсальной гуманитарной образовательной системе // Народная художественная культура России: Перспективы развития и подготовки кадров. – М.: МГУКИ, 2004.
2. *Горожанина С.В., Зайцева Л.М.* Русский народный свадебный костюм. – М.: Культура и традиции, 2003.
3. *Калашикова Н.М.* Народный костюм в контексте традиций российской культуры. – М.: Сварог, 2002.
4. *Курсанова Р.М.* Костюм в русской художественной культуре: (Опыт энцикл.) / Под ред. Т.Г. Морозовой, В.Д. Синюкова. – М., 1995.
5. *Курсанова Р.М.* Русский костюм и быт XVIII-XIX веков. – М., 2002.
6. *Романова К.Е., Покровская Е.П.* Традиционный народный костюм в культурно-историческом пространстве России // В мире научных открытий. – 2011, №11. С. 463...472.
7. *Романова К.Е., Рябова О.Н.* Традиции народного костюма в одежде архангельских поморов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2014. №3. С. 75...79.

## REFERENCES

1. Baklanova T.I. Narodnaja hudozhestvennaja kul'tura v universal'noj gumanitarnoj obrazovatel'noj sisteme // Narodnaja hudozhestvennaja kul'tura Rossii: Perspektivy razvitija i podgotovki kadrov. – M.: MGUKI, 2004.
2. Gorozhanina S.V., Zajceva L.M. Russkij narodnyj svadebnij kostjum. – M.: Kul'tura i tradicii, 2003.
3. Kalashnikova N.M. Narodnyj kostjum v kontekste tradicij rossijskoj kul'tury. – M.: Svarog, 2002.
4. Kirsanova P.M. Kostjum v ruskoj hudozhestvennoj kul'ture: (Opyt jencikl.) / Pod red. T.G. Morozovoj, V.D. Sinjukova. – M., 1995.
5. Kirsanova P.M. Russkij kostjum i byt XVIII-XIX vekov. – M., 2002.
6. Romanova K.E., Pokrovskaja E.P. Tradicionnyj narodnyj kostjum v kul'turno-istoricheskom prostranstve Rossii // V mire nauchnyh otkrytij. – 2011, №11. S. 463...472.
7. Romanova K.E., Rjabova O.N. Tradicii narodnogo kostjuma v odezhde arhangel'skih pomorov // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2014. №3. S. 75...79.

Рекомендована кафедрой технологии и предпринимательства Шуйского филиала ИвГУ. Поступила 17.11.14.

---

УДК 677.024

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ  
ЗЕВООБРАЗОВАТЕЛЬНОГО МЕХАНИЗМА  
ТКАЦКОЙ МАШИНЫ ТИПА СТБУ**

**EXPERIMENTAL INVESTIGATION  
OF THE SHEDDING MECHANISM  
OF THE STBU LOOM**

*А.Н. ГАВРИЛОВ, Е.Н. ХОЗИНА, В.А. МАКАРОВ*  
*A.N. GAVRILOV, E.N. HOZINA, V.A. MAKAROV*

(Московский государственный университет дизайна и технологии)  
(Moscow State University of Design and Technology)  
E-mail: gawriloff.alexej@mail.ru

*Представлены результаты экспериментальных исследований влияния на величину нагрузки в кулачковом приводе зевообразовательного механизма технологических и конструктивных факторов. Анализ полученных осциллограмм показал, что изменения нагрузки носят ярко выраженный динамический характер. Максимальные нагрузки возникают в начале движения ремизки вверх из положения нижнего выстоя при образовании нижней ветви зева.*

*The results of experimental studies of the influence of the amount of load shedding in the cam drive mechanism of technological and structural factors. Analysis of the oscillograms showed that load changes are pronounced dynamic character. Maximum loads occur at the beginning of the movement of the heddle up position of the lower dwell in the formation of the lower branch of the pharynx.*

**Ключевые слова:** осциллограмма, коэффициент динамичности.

**Keywords:** oscillogram, the dynamic factor.

Механизм ремизного движения (МРД) зевообразовательного механизма ткацкой машины (ЗОМа ТМ), представленный на рис. 1 (кинематическая схема (КС) механизма ремизного движения, расположение

датчиков Д4, Д5), состоит из блока парных, параллельно установленных на общих осях, многоступенчатых кулачково-рычажных механизмов, оканчивающихся ремизкой [1], [2].

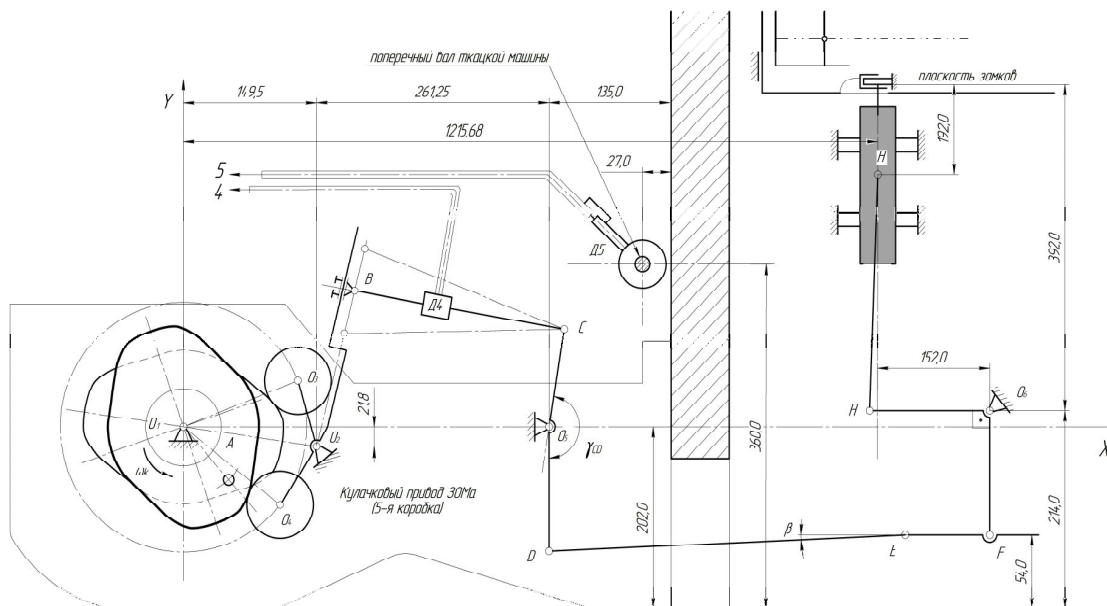


Рис. 1

Для определения влияния на величину нагрузки в кулачковом приводе ЗОМа технологических и конструктивных факторов были проведены экспериментальные исследования (эксперимент проводился на Монинском хлопчатобумажном комбинате при выработке ткани типа "бязь техническая" с помощью стандартной аппаратуры [4]) при следующих параметрах заправки: зев слабоверный (табл. 1); опушкодержатель установлен на уровне горизонта ткацкой машины (ГТМ) на 47 мм выше батана и на 12 мм перед линией прибора [3]; положение заступа основы установлено ниже ГТМ на 4...6 мм (1-я ремизка) и наклонно до 10 мм (8-я ремизка); цикловой угол (ЦУ) цикловой

диаграммы (ЦД) заступа принят 16...18°, первый технологический пруток основонаблюдателя установлен по равенству величин переднего зева и вылета заднего зева 10-й ремизки; основонаблюдатель расположен наклонно к линии положения основы в заступе (ЛЗО) и по ЛЗО на участке ремизка – скало; подвижное скало в заступе установлено ниже уровня верхнего ограничителя его хода на 15...16 мм; кромочные нити пробраны в 7- и 8-ю фоновые ремизки; использовались ремизные рамы ЗАО "Ремиз", галева витые махом  $M_T = 280$  мм, суммарный зазор ремизка-основа составил 7 мм, масса рамы – 4,9 кг.

Таблица 1

№ ремиз	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$H_{зев}$ , мм	68	70	76	78	83	85	89	91	95	97
$S_{рем}$ , мм	75	77	83	85	90	92	96	98	102	104
$\alpha_{зев}$ , град	25,7	25,0	25,0	25,4	25,2	24,0	23,6	22,7	22,4	21,6
$h_{заступ}$ , мм	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12

Эксперимент проводили на установившихся рабочих скоростях:  $n_{ГВМ} = 300, 335$  и  $365$  об/мин, которые фиксировались тахогенератором. Запись натяжения основы проводили непосредственно перед основонаблюдателем. Результаты экспериментов записаны осциллографом на фотобумагу. Каждая осциллограмма включает в себя

четыре оборота главного вала машины. Осциллограмма перемещения скала имеет обратный знак по отношению к перемещению ремиз. На рис. 2, 3 и 4 представлены осциллограммы экспериментальных исследований. На рис. 2 показаны перемещения 5-й ремизки  $h_{рем}$ , подвижного скала  $h_{ск}$ ; натяжение нити в ветвях зева  $T_{ВВЗ}$  и  $T_{НВЗ}$

и нагрузка  $P_{BC}$  в звене BC привода ЗОМа ТМ СТБУ1-220 (рис.1), а на рис. 3 и 4 показаны изменения угловой скорости при-

водного вала, от которого приводится в движение кулачковый привод, и перемещения соответственно 3- и 7-й ремизок.

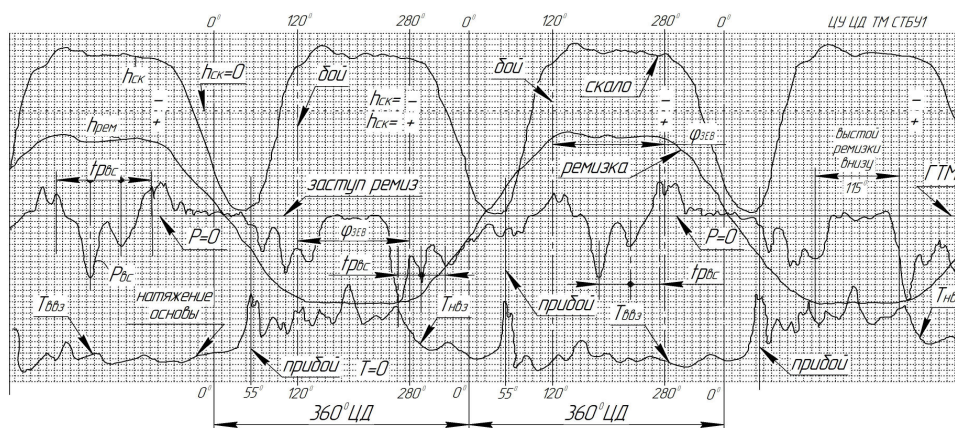


Рис. 2

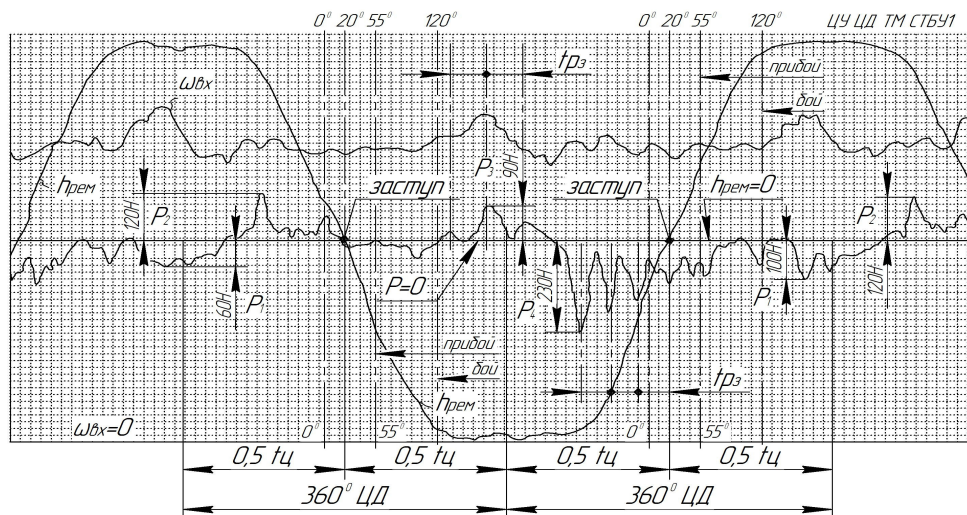


Рис. 3

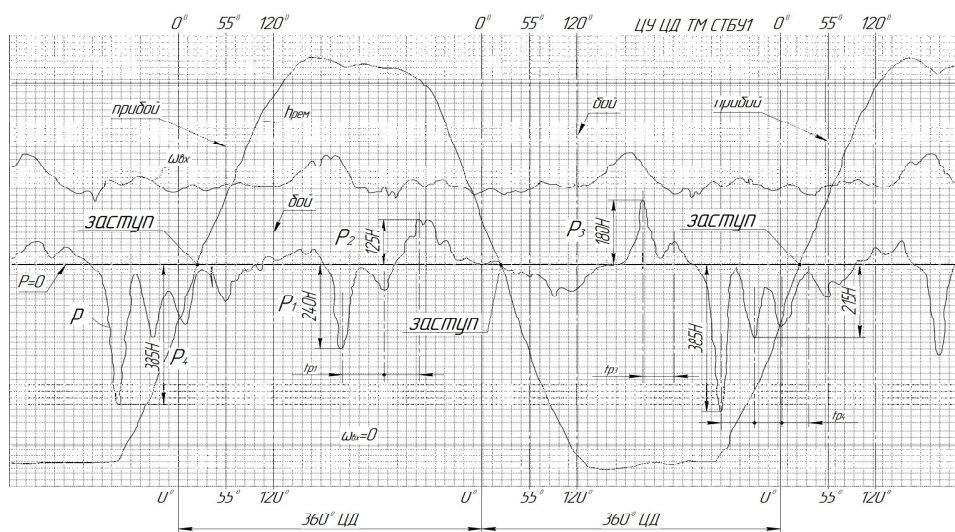


Рис. 4

Анализ приведенных на рисунках осциллограмм показывает следующее.

1. Осциллограмма нагрузок в ведущем тензозвене ВС (рис. 1) МРД зависит от перемещения ремизки и соответствует фазам этого перемещения.

2. Амплитуда колебаний ремизной рамы при подъеме вверх составляет 6...7% от ее полного перемещения, а при опускании вниз – 4...5,5%.

3. Среднее натяжение нитей основы в нижней ветви зева ( $T_{НВЗ}$ ) в 3,3 раза больше, чем в верхней ветви [5], [6]. Максимальное динамическое натяжение нитей нижней ветви основы (НВЗ) в 2,4 раза выше ее аналогичного натяжения в верхней ветви зева (ВВЗ). Коэффициент динамичности  $K_d$  натяжения основы в верхней ветви зева  $K_d^{ВВЗ} \approx 0,43$ , в нижней ветви  $K_d^{НВЗ} \approx 0,26$ .

4. Натяжение основы в момент прибоя  $T_{прб}$  практически не зависит от натяжения нитей в его ветвях при открытом зеве. В момент прибоя величина натяжения основы в ветвях зева различается не более чем на 7% [7]. Натяжение основы в прибое в 4 раза больше среднего натяжения ее верхней ветви и составляет 130% от ее максимального значения при выстое ремизки вверх. Натяжение нитей в нижней ветви зева в прибое на 11...13% меньше, чем ее максимальное, и на 32...35% выше ее среднего натяжения при выстое вниз.

5. Максимальная величина подъема подвижного скала происходит при заступе ремиз, отставая от него на 26...28° ЦУ.

6. При выстое подвижного скала в нижнем положении его колебания влияют на натяжения обеих ветвей основы; они идентичны колебаниям скала, но их частота в 2 раза выше его частоты колебания.

13. Нагрузка  $P_{ВС}$  на тензозвене ВС (рис.1) при движении ремизки вверх из выстоя вниз имеет 4...7 максимальных коле-

7. Скорость вращения поперечного вала ТМ ( $W_{ВХ}$ ) по окончании перемещения ремиз и в начале их выстоя возрастает на  $\approx 17\%$  от своего среднего значения на интервале 90...115° фазового угла (ФУ) ЦД ТМ. Перед началом движения ремиз она падает на 3,5...4,5%.  $W_{ВХ}$  можно считать постоянным на интервале 270...245° (от 215° до 100...125° ЦУ ЦД).

8. Заступ ремиз происходит на ЦУ, равном 18...20°, и отстоит от начала движения батана на ФУ, равном 40...42° ЦД ТМ.

9. Продолжительность выстоя ремизки вверх составляет  $\approx 105^\circ$ , а выстоя вниз  $\approx 115^\circ$  ФУ ЦД ТМ. Движение ремизки происходит при ФУ  $\approx 255...245^\circ$ , от 240...250° до 135...145° ЦУ ЦД.

10. Фазовый угол ЦД полета прокладчика фзев составляет  $\approx 160^\circ$  (158...166°) и ограничен высотой подъема верхней ветви зева ( $H_{ВВЗ}$ ) [8], [9].

11. Нагрузка  $P_{ВС}$  на рабочем тензозвене ВС (рис. 1) носит динамический характер. Коэффициент динамичности  $K_d$  равен 2,56. Максимумы нагрузки соответствуют началу и концу движения ремизки из нижнего выстоя к верхнему.

12. При выстое ремизки вниз нагрузка минимальна (5-я ремизка) или незначительно колеблется (3-, 7-я), но быстро затухает. Нагрузка в области заступа незначительна. При положении ремизки вверх нагрузка также имеет два полных затухающих колебания. Причина этого явления – зазоры в кулачковом приводе и шарнирах исследуемых МРД [10]. Значения максимума нагрузки при выстое ремиз приведены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Порядковый номер ремизки	Пиковая нагрузка при выстое ремиз вверх, Н		Декремент затухания	Пиковая нагрузка при выстое ремиз вниз, Н		Декремент затухания
	1-й макс.	2-й макс.		1-й макс.	2-й макс.	
3	-100	-85	0,163	90	42	0,762
5	-210	-105	0,693	-65	25	0,955
7	-240	-70	1,232	180	60	1,1

баний. Величины максимумов нагрузки при  $n_{ГВМ} = 300$  об/мин приведены в табл. 3.

Таблица 3

Порядковый номер ремизки	Величина максимальной нагрузки при движении ремизки снизу вверх, Н					Декремент затухания
	1-й макс.	2-й макс.	3-й макс.	4-й макс.	5-й макс.	
3	230	185	150	105	85	0,218
5	305	185	140	105	75	0,5
7	385	215	175	110	61	0,583

Анализ зависимости изменения нагрузки в рабочем звене кулачкового привода МРД от номера ремизки и ее перемещения показывает следующее.

1. Максимальная пиковая величина нагрузки увеличивается с ростом номера ремизки от 230 Н для 3-й ремизки до 385 Н для 7-й, то есть на 67,4%.

2. Коэффициент динамичности  $K_d$  увеличивается с ростом номера ремизки от 2,4 для 3-й ремизки до 2,6 для 7-й, то есть на 8%.

3. Зависимость роста нагрузки звена ВС (рис.1) от номера ремизки и величины ее перемещения при 300 об/мин представлены в табл. 4. Коэффициент асимметрии вида нагружения (сжатие-растяжение) равен 1,8...2,3.

Таблица 4

№ ремизок	Ход ремизки $S_{\text{РЕМ}}$ , [см] [ $\pm 1,0...1,5$ мм]	Нагрузка в звене ВС, [Н]		Отношение динамической и кинетостатической составляющих
		максимум с учетом колебаний	кинетостатический максимум по средней линии графика	
3	83	растяжение 105	55	1,9
		сжатие (-) 230	-95	2,42
5	90	растяжение 135	85	1,6
		сжатие (-) 305	-115	2,65
7	96	растяжение 185	115	1,6
		сжатие (-) 385	-150	2,57
10	104	растяжение 255	145	1,7
		сжатие (-) 460	-195	2,36

4. Максимум динамической нагрузки в ведущем звене ЗОМа ТМ СТБУ1-220 растет с ростом числа оборотов  $n_{\text{ГВМ}}$  и № ремизки в блоке. Градиент изменения нагрузки  $\Delta F_{\text{№}}$  [Н/№] уменьшается с ростом № ремизки. Градиент изменения нагрузки

$\Delta F_n$  от числа оборотов  $\Delta n_{\text{ГВМ}}$  увеличивается с ростом  $n_{\text{ГВМ}}$  и зависит от № ремизки. Значения градиентов увеличения нагрузки от скорости ГВМ ( $n_{\text{ГВМ}}$ ) и № ремизки приведены в табл. 5.

Таблица 5

№	№ ремизок $n_{\text{ГВМ}}$ , об/мин	Градиент увеличения нагрузки $\Delta F_{\text{№}}$ и $\Delta F_n$ , Н									
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	$F_{\text{№ } n_{300}}$ , Н	230	255	305	330	385	405	450	470	510	525
2	$\Delta F_{\text{№}, n_{300}}$ , Н		25,0	50,0	25,0	45,0	20,0	45,0	20,0	40,0	15,0
3	$\Delta n = 30...35$	165	170	200	200	220	220	240	240	260	260
4	$\Delta F_{\text{№}, n_{335}}$ , Н		30,0	80,0	25,0	75,0	20,0	65,0	20,0	60,0	15,0
5	$F_{\text{№ } n_{335}}$ , Н	395	425	505	530	605	625	690	710	770	785
6	$\Delta n = 30...35$	220	220	240	240	265	265	290	290	320	320
7	$\Delta F_{\text{№}, n_{365}}$ , Н		30,0	100	25,0	95,0	20,0	90,0	20,0	90,0	15,0
8	$F_{\text{№ } n_{365}}$ , Н	615	645	745	770	870	890	980	1000	1090	1105

5. Частота изменения динамической составляющей нагрузки в ведущем звене

МРД практически постоянна во всех ремизках и равна 47,5...49,5 Гц, отклонение



частоты находится в пределах ошибки измерения.

Колебания ремизок при их выстое зависят от величины зазоров в шарнирах МРД, они не влияют на возникновение колебаний рабочей нагрузки в ведущем звене передачи при движении ремизок. Значительная величина амплитуды колебаний нагрузки при постоянстве ее частоты связана с тем, что одно из звеньев передачи имеет собственную частоту колебаний, близкую к вынужденным частотам возбуждения, которые могут быть частотой вращения ГВМ ТМ или первой гармоникой закона движения ремиз. Выявить "слабое" звено в приводе и в передаточном механизме возможно при проведении детального динамического анализа существующей конструкции ЗОМа ТМ СТБУ.

Определив "слабое" звено или ряд подобных звеньев, следует так модернизировать конструкцию (геометрические и механические параметры), чтобы частоты их собственных колебаний стали существенно выше, чем частоты возбуждения их первых гармоник. Зазоры в кулачковых парах и шарнирах ЗОМа должны быть сведены к минимуму. Коэффициент динамичности нагрузки  $K_d$  в приводе ЗОМа должен быть снижен до уровня 0,08...0,12.

## ВЫВОДЫ

1. Максимум нагрузки соответствует началу движения ремизки вверх из положения нижнего выстоя при образовании нижней ветви зева.

2. Изменения нагрузки носят ярко выраженный динамический характер. Коэффициент динамичности нагрузки при движении ремизки сверху вниз равен 0,6...2,4, а при движении снизу вверх 2,42...2,65.

3. Частота колебаний нагрузки в приводе МРД ТМ СТБУ1-220 при движении ремизки снизу вверх равна  $\approx 50$  Гц, а при верхнем выстое  $\approx 45$  Гц. Количество циклов максимальной нагрузки составляет 6...9 за один оборот ГВМ. Число циклов нагружения деталей ЗОМа за 1 час работы ТМ составляет  $15 \cdot 10^4$  при частоте вращения ГВМ, равной 360 об/мин.

1. Макаров В.А., Гаврилов А.Н., Хозина Е.Н. Классификация зевобразующих механизмов по структурным звеньям и избыточным кинематическим связям // Изв. вуз. Технология текстильной промышленности. – 2012, №2. С. 120...125.

2. Макаров В.А., Гаврилов А.Н., Хозина Е.Н. Анализ распределения передаточного отношения по ступеням механизма привода ремиз // Химические волокна. – 2013, №4. С.46...53.

3. Станки ткацкие бесчелночные с малогабаритными прокладчиками утка. Руководство по эксплуатации. – М.: Внешторгиздат, 1982.

4. Игнатов В.В. Получение информации по тензограмме // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1997, №1. С. 83...85.

5. Ефремов Е.Д., Пащикова Г.Ф. О разнонапрянутости верхней и нижней ветвей зева // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1987, №3. С. 43...46.

6. Чугин В.В., Ялинич С.М. Неравномерность натяжения нитей ремизками в фазе открытого зева в цикле зевобразования // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1987, № 4. С.49...51.

7. Васильченко В.Н. Исследование процесса привоя утка. – М.: Гизлегпром, 1959. С. 19, 50...57.

8. Анпилогова Н.П., Макаров В.А. Выбор параметров наладки зевобразующих механизмов станков СТБ // Текстильная промышленность. – 1988, №12. С. 40...42.

9. Макаров В.А., Лебзак А.В., Хозина Е.Н. О выборе закона движения применяемого в приводе зевобразующего механизма ткацкого станка // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2004, №6. С. 76...88.

10. Макаров В.А., Хозина Е.Н., Романов П.Г., Ковалева О.С. Исследование характера развития функций перемещения ведомого звена кулачковых механизмов ткацкой машины // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2009, №3. С. 87...80.

## REFERENCES

1. Makarov V.A., Gavrilov A.N., Hozina E.N. Klassifikacija zevobrazujushhih mehanizmov po strukturnym zven'jam i izbytochnym kinematičeskim svjazjam // Izv. vuz. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2012, №2. S. 120...125.

2. Makarov V.A., Gavrilov A.N., Hozina E.N. Analiz raspredelenija peredatočnogo otnoshenija po stupenjam mehanizma privoda remiz // Himičeskie volokna. – 2013, №4. S.46...53.

3. Stanki tkackie beschelnočnye s malogabaritnymi prokladčikami utka. Rukovodstvo po jekspluatacii. – M.: Vneshtorgizdat, 1982.

4. Ignatov V.V. Poluchenie informacii po tenzogramme // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 1997, №1. S. 83...85.



5. Efremov E.D., Pashkova G.F. O raznonatjanu-  
tosti verhnej i nizhnej vetvej zeva // Izv. vuzov.  
Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 1987, №3.  
S. 43...46.

6. Chugin V.V., Jalinich S.M. Neravnomernost'  
natjazhenija nitej remizkami v faze otkrytogo zeva v  
cikle zevoobrazovanija // Izv. vuzov. Tehnologija  
tekstil'noj promyshlennosti. – 1987, № 4. S. 49...51.

7. Vasil'chenko V.N. Issledovanie processa  
priboja utka. – M.: Gizlegprom, 1959. S. 19, 50...57.

8. Anpilogova N.P., Makarov V.A. Vybor par-  
ametrov naladki zevoobrazujushhih mehanizmov  
stankov STB // Tekstil'naja promyshlennost'. – 1988,  
№12. S. 40...42.

9. Makarov V.A., Lebzak A.V., Hozina E.N. O  
vybore zakona dvizhenija primenjaemogo v privode  
zevoobrazujushhego mehanizma tkackogo stanka //  
Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. –  
2004, №6. S. 76...88.

10. Makarov V.A., Hozina E.N., Romanov P.G.,  
Kovaleva O.S. Issledovanie haraktera razvitija funk-  
cij peremeshhenija vedomogo zvena kulachkovyh  
mekhanizmov tkackoj mashiny // Izv. vuzov.  
Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2009, №3.  
S. 87...80.

Рекомендована кафедрой технологических ма-  
шин и оборудования. Поступила 11.09.14.

УДК 677.053

## КЛАССИФИКАЦИЯ НИТЕПРОВОДЯЩИХ ДЕТАЛЕЙ ПО ПЕРИОДИЧНОСТИ КОНТАКТА И СПОСОБУ СОЗДАНИЯ ДАВЛЕНИЯ В КОНТАКТЕ

### CLASSIFICATION OF CONDUCTOR THREAD DETAILS ON THE FREQUENCY OF CONTACT AND METHOD OF CREATING PRESSURE IN CONTACT

*Е.В. КРИВОШЕЙНА, Г.К. БУКАЛОВ*  
*E.V. KRIVOSHEINA, G.K. BUKALOV*

(Костромской государственный технологический университет)  
(Kostroma State Technological University)  
E-mail: lmdepart@kstu.edu.ru

*Ранее предложенная классификация контактирования нитей с деталями тормоза точной нити не была достаточно полной. Необходимо учитывать временную и пространственную периодичность контакта и механические свойства деталей. Разработанная классификация позволяет выявить общие черты в условиях изнашивания рабочих органов независимо от функции и выработать рекомендации для повышения износостойкости деталей.*

*Previously, the proposed classification of contacting with weft thread brake parts was not quite complete. You must take into account temporal and spatial frequency of contact and the mechanical properties of the parts. The classification allows to identify common features in terms of wear of the working bodies irrespective of function and to develop recommendations for improving the wear resistance of parts.*

**Ключевые слова:** нить, классификация, контакт, механические свойства, давление.

**Keywords:** thread, brake, classification, contact, mechanical properties, pressure.

При изучении контактирования нитей с деталями уточного тормоза бесчелночного ткацкого станка СТБ была обнаружена некоторая неполнота ранее предложенной классификации [1]. В частности, в ней не учитывались временная периодичность контакта нити с деталями и механические свойства деталей. Эти параметры необходимо учитывать, так как нитепроводящие детали с такими характеристиками контакта с нитью встречаются в существующем оборудовании. Далее предлагается корректированная классификация.

Ранее показано [1], что определяющее влияние на износ нитепроводящих деталей, вне зависимости от функции детали, оказывает вид периодичности контакта. Еще одним важнейшим параметром, определяющим интенсивность изнашивания нитепроводящих деталей, является также давление в контакте, которое создает нить, взаимодействуя с деталями. Поскольку вид периодичности контакта и способ создания давления в контакте оказывают решающее влияние на изнашивание деталей, то они были приняты в качестве классификационных признаков.

В текстильных машинах удалось выделить следующие виды периодичности контакта нити с деталями.

1. Временная периодичность. Данный вид периодичности можно разделить на две разновидности.

1.1. Постоянный контакт. Нить постоянно контактирует с деталью.

1.2. Прерывистый контакт. Контакт нити с деталью прерывается на некоторые промежутки времени. Данный вид периодичности можно разделить также на два подкласса.

1.2.1. Контакт нити с деталью прерывается на постоянные промежутки времени, то есть контакт периодический.

1.2.2. Контакт нити с деталью прерывается на случайные промежутки времени, то есть контакт не периодический.

2. Пространственная периодичность. Данный вид периодичности можно разделить также на две разновидности.

2.1. Фиксированный, то есть неподвижный относительно поверхности детали (ФК).

2.2. Перемещающийся, то есть непостоянный, перемещающийся относительно поверхности детали (ПК).

Перемещающийся контакт нитевидный продукт – деталь, в свою очередь, можно подразделить на три разновидности.

2.2.1. Перемещающийся относительно поверхности детали в одном направлении, то есть нереверсивно (ПНК), например, контакт нить – пряжевыводная воронка в машинах типа БД, нить – глазок экрана в станках СТБ и др.

2.2.2. Перемещающийся реверсивно относительно поверхности детали (ПРК); например, контакт нить – глазок тормоза уточной нити станка СТБ, нить – датчик обрыва нити в мотальной машине и т.д.

2.2.3. Перемещающийся случайным образом контакт относительно поверхности детали (ПСК).

Временная и пространственная периодичность могут встречаться в различных сочетаниях.

При взаимодействии нитевидного продукта с деталью возникает давление в контакте. В большинстве текстильных машин встречаются следующие способы создания давления в контакте [1] и их сочетания.

1. Давление в контакте создается путем зажима нитевидного продукта между двумя поверхностями, например, между тормозными дисками шайбового грузового натяжного прибора.

2. Давление в контакте создается путем огибания и скольжения нитевидного продукта по криволинейной поверхности.

3. Сочетание первых двух способов создания давления в контакте деталь – текстильный продукт.

Сочетание двух способов создания давления в контакте нить – деталь происходит в трех вариантах.

3.1. Огибания выпуклой криволинейной поверхности и одновременного зажима нити между поверхностями двух деталей с одинаковыми механическими свойствами. Обе детали являются твердыми телами.

3.2. Огибания выпуклой криволинейной поверхности и одновременного зажима нити между поверхностями двух дета-

лей с разными механическими свойствами. Одна деталь является твердым телом, а вторая – гибким.

3.3. Огибания выпуклой криволинейной поверхности и одновременного зажима нити между поверхностями двух деталей с одинаковыми механическими свойствами. Обе детали являются гибкими телами.

4. Давление в контакте создается силами инерции.


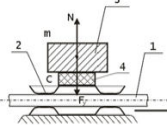
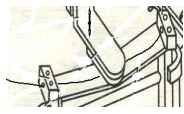

5. Давление в контакте создается силой тяжести.

6. Давление в контакте создается электростатическими силами и др.

Однако для большинства существующих текстильных машин вышеприведенные первые два способа создания давления в контакте деталь – текстильный продукт и их сочетание являются наиболее часто встречающимися.

В табл. 1 представлена классификация видов контакта нити с деталями по временной периодичности и способу создания давления в контакте.

Т а б л и ц а 1

Способ создания давления в контакте		Временная периодичность			
		1	прерывистый контакт		
			2	3	
1. Путем зажима нитевидного продукта между двумя поверхностями деталей	а	*	*	*	
2. Путем огибания и скольжения нитевидного продукта по криволинейной поверхности детали	б		*	*	
3. Сочетание 1 и 2 способа создания давления в контакте	Обе детали являются твердыми телами	в		*	*
	Одна деталь является твердым телом, а вторая – гибким	г	*		*
	Обе детали являются гибкими телами	д	*		*
4. Давление в контакте создается силами инерции	е	*	*	*	
5. Давление в контакте создается силой тяжести	ж	*	*	*	
6. Давление в контакте создается электростатическими силами и др.	з	*	*	*	

П р и м е ч а н и е. \* – в настоящее время проверенные данные отсутствуют.

В табл. 2 представлена классификация видов контакта нити с деталями по пространственной периодичности и способу создания давления в контакте.

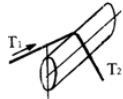
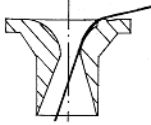

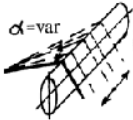
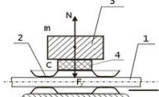
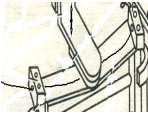
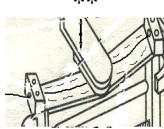

Кроме того, можно отметить, что число форм нитеконтактирующей поверхности наиболее распространенных нитепроводящих деталей ограничивается тремя наиболее часто встречающимися их сочетаниями: а) – цилиндрической, б) – конической,

в) – тороидной. Форма нитеконтактирующей поверхности является одним из главных факторов, определяющим давление в контакте нитевидного продукта с деталью. Используем данный параметр в качестве классификационного признака. Необходимо отметить, что встречаются нитепроводящие детали, имеющие форму, отличающуюся от вышеуказанной [2], [3], но пока их количество относительно невелико.

Необходимо отметить, что тормоз уточной нити станка СТБ попадает в ячейки 1г и 4г (табл. 2), вследствие не

использования, либо использования уточного накопителя, меняющего вид контакта.

Т а б л и ц а 2

Способ создания давления в контакте		Пространственная периодичность				
		фиксированный контакт	перемещающийся контакт			
			не реверсивно	реверсивно	случайно	
1	2	3	4			
1.Путем зажима нитевидного продукта между двумя поверхностями деталей	а	*	*	*	*	
2.Путем огибания и скольжения нитевидного продукта по криволинейной поверхности детали	б			$\alpha = \text{const}$ 	$\alpha = \text{var}$ 	
3.Сочетание 1 и 2 способа создания давления в контакте	Обе детали являются твердыми телами	в	*		*	*
	Одна деталь является твердым телом, а вторая – гибким	г		*	*	** 
	Обе детали являются гибкими телами	д		*	*	*
4.Давление в контакте создается силами инерции	е	*	*	*	*	
5.Давление в контакте создается силой тяжести	ж	*	*	*	*	
6.Давление в контакте создается электростатическими силами и др.	з	*	*	*	*	

П р и м е ч а н и е. \* – в настоящее время проверенные данные отсутствуют; \*\* – нить движется по поверхности пластины случайно вследствие баллонирования.

Разработанная классификация позволяет выявить общие черты в условиях изнашивания рабочих органов независимо от функции и разработать рекомендации для повышения износостойкости отдельных нитепроводящих деталей, имеющих одинаковую периодичность контакта с нитью, и способ создания натяжения.

## ВЫВОДЫ

Разработана классификация нитепроводящих деталей в зависимости от вида периодичности контакта с нитью (временная или пространственная) и способа создания давления в контакте с учетом

механических свойств нитепроводящих деталей (твердые или гибкие тела).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кривошеина Е.В., Букалов Г.К. Классификация нитепроводящих деталей и условий взаимодействия с контактирующим с ними нитевидным продуктом с целью выявления факторов, влияющих на изнашивание и истирание нитевидного продукта // Научный вестник Костромского гос. технол. унта. – Кострома, 2010, №2.
2. Кривошеина Е.В., Букалов Г.К. Повышение износостойкости пластины тормоза уточной нити станка СТБ // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, №4.
3. А.с. №1565092. Пряжевыводная воронка устройства для бескольцевого прядения / Букалов Г.К., Худых М.И. – Оpubл. 1990. Бюл. №28.

4. Патент на изобретение №:2037580. Берус Г.И., Дуров В.Н., Архипов В.Г., Салмин Н.В., Васянин В.Н. Патентообладатель: Научно-производственный комплекс "ЦНИИШерсть". Дата публикации: 19 июня, 1995.

#### REFERENCES

1. Krivosheina E.V., Bukalov G.K. Klassifikacija niteprovodjashhих detalej i uslovij vzaimodejstvija s kontaktirujushhim s nimi nitevidnym produktom s cel'ju vyjavlenija faktorov, vlijajushhих na iznashivanie i istiranie nitevidnogo produkta // Nauchnyj vestnik Kostromskogo gos. tehnol. un-ta. – Kostroma, 2010, №2.

2. Krivosheina E.V., Bukalov G.K. Povyshenie iznosostojkosti plastiny tormoza utочноj niti stanka STB // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2013, №4.

3. A.s. №1565092. Prjazhevyvodnaja voronka ustrojstva dlja beskol'cevogo prjadenija / Bukalov G.K., Hudyh M.I. – Opubl. 1990. Bjul. №28.

4. Патент на изобретение №:2037580. Берус Г.И., Дуров В.Н., Архипов В.Г., Салмин Н.В., Васянин В.Н. Патентообладатель: Научно-производственный комплекс "ЦНИИШерсть". Дата публикации: 19 июня, 1995.

Рекомендована кафедрой техносферной безопасности. Поступила 17.11.14.

УДК 621.892

## РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛИ МАШИНЫ ТРЕНИЯ

## DEVELOPMENT AND RESEARCH OF MODEL OF THE MACHINE OF FRICTION

*R.P. ALESHIN, A.A. KATAMANOV, A.V. IVANOV, S.A. EGOROV, E.K. VIKTOROV*  
*R.R. ALESHIN, A.A. KATAMANOV, A.V. IVANOV, S.A. EGOROV, E.K. VIKTOROV*

(Ивановский государственный политехнический университет)  
(Ivanovo State Polytechnic University)  
E-mail: tmp@ivgpu.com

*Разработаны модель машины трения и система измерения на основе энкодера и микроконтроллера. Произведена обработка результатов измерения. Получены функции разгона и торможения маятника. Рассчитаны параметры этих функций.*

*The model of machine friction and system for measuring based on encoder and microcontroller are development. The results of this measurement were processed. Function of acceleration and breaking of pendulum are obtained. The parameters of functions have been evaluated.*

**Ключевые слова:** автоматизация, машина трения, энкодер, микроконтроллер, математическая обработка данных, аппроксимация.

**Keywords:** automation, machine of friction, encoder, microcontroller, mathematical data processing, approximation.

Исследование смазочных материалов для технологического оборудования проводится в лабораторных условиях. Для этих целей используют маятниковый трибометр, который позволяет проводить из-

мерения момента трения путем измерения угла отклонения маятника, закрепленного на оси вращения [1...3].

Для исследования и регистрации процессов, происходящих между трущимися

поверхностями, была разработана система измерения, состоящая из установки для моделирования машины трения и микропроцессорной системы регистрации результатов измерений.

Внешний вид разработанной установки с промышленным датчиком угла поворота показан на рис. 1.

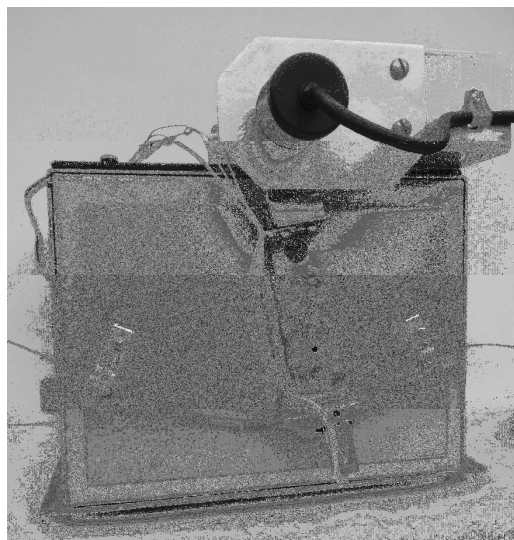


Рис. 1

В системе измерения используется цифровой датчик угла наклона, состоящий из неподвижной прозрачной шкалы с нанесенными на нее метками, и оптического датчика, работающего на просвет, закрепленного на подвижном маятнике. Датчик представляет собой инкрементный энкодер. В данном устройстве механическое перемещение маятника преобразовывается в электрические сигналы, дающие информацию об угле поворота и направлении движения. Для определения направления движения применяются два измерительных канала ("синусный" и "косинусный"), в которых идентичные последовательности импульсов сдвинуты на 90° относительно друг друга.

Цифровой сигнал с энкодера, после инвертирования, подается на вход 8-разрядного микроконтроллера PIC16F887 фирмы Microchip. Микроконтроллер подключен к персональному компьютеру с помощью COM-порта, по которому осуществляется передача данных. Преобразование уровней сигналов между контролле-

ром и COM-портом осуществляется с помощью специализированной микросхемы MAX232.

В процессе проведения измерения включение двигателя установки на определенное время осуществляется с помощью реле, подключенного к выходу контроллера.

На рис. 2 показан график переходного процесса, возникающего при запуске машины трения.

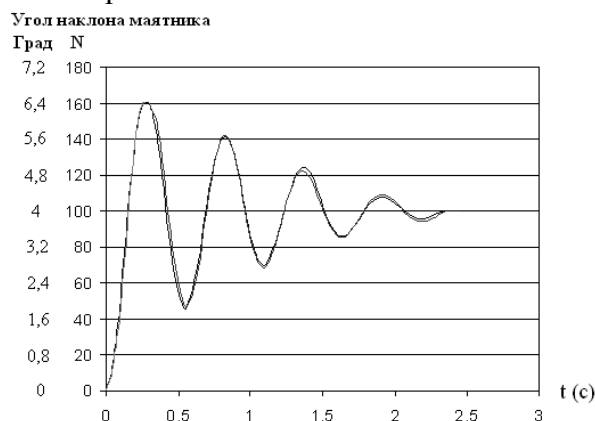


Рис. 2

По оси Y шкала проградуирована в градусах угла отклонения маятника и в отсчетах цифрового датчика угла поворота.

На рисунке показан реальный график переходного процесса, снятый с машины трения.

На основе графика переходного процесса была разработана аналитическая модель устройства, учитывающая внутренние факторы, такие как нагрузка, физические параметры маятника и смазочный материал.

Был получен график аппроксимирующей функции кривой переходного процесса маятника, состоящей из кривой разгона и торможения. При сравнении наблюдаем их идентичность.

Рассмотрим аппроксимирующую функцию кривой разгона маятника в численной и аналитической формах:

$$y=160\sin^2(5,8t), \quad y=A\sin^2(\omega t),$$

где A – максимальное отклонение маятника;  $\omega$  – циклическая частота колебательной

системы. Амплитуда показывает соотношение подводимой от двигателя и затрачиваемой на трение мощностей и является точкой перехода статического трения в динамическое. Амплитуда зависит от мощности и скорости двигателя, коэффициента трения поверхностей, силы нагружения, массы и геометрических размеров плеч маятника. Частота характеризует маятник как колебательную систему и зависит от массы и геометрических размеров плеч маятника, скорости вала.

После сравнения графиков реального процесса разгона и полученной функции был вычислен коэффициент корреляции. Он оказался равен 0,999.

Рассмотрим аппроксимирующую функцию кривой торможения маятника в численной и аналитической формах.

$$y = 60(\cos(12e^{-0,02t}t)e^{-0,9t^{\frac{3}{2}}}) + 100,$$

$$y = A \left( \cos(\omega e^{-d_1 t} t) e^{-d_2 t^{\frac{3}{2}}} \right) + \arcsin \left( \frac{\mu P \ell}{mgL} \right),$$

где  $A$  – максимальное отклонение маятника;  $\omega$  – циклическая частота колебаний;  $d_1$  – коэффициент коррекции частоты;  $d_2$  – коэффициент затухания колебаний;  $\mu$  – коэффициент трения;  $P$  – нагрузка на узел трения;  $\ell$  – радиус подвижного нитепроводника;  $m$  – масса маятника;  $g$  – ускорение свободного падения;  $L$  – расстояние от оси вращения до центра масс маятника.

Функция состоит из функции экспоненциально затухающего гармонического

колебания с звеном коррекции частоты и вертикального смещения графика на конечный угол отклонения.

После сравнения графиков реального процесса торможения и полученной функции для сравнения графиков был вычислен коэффициент корреляции 0,9988.

По графику кривой затухающих колебаний определим и сведем в табл. 1 рассчитанные параметры кривой:

- собственную частоту колебаний маятника

$$\nu = \frac{1}{T},$$

- собственную круговую частоту колебаний маятника

$$\omega = \frac{2\pi}{T},$$

- логарифмический декремент затухания

$$\lambda = \frac{\ln \frac{A_1}{A_n}}{n},$$

- коэффициент вязкого трения

$$h = \frac{2m\lambda}{T},$$

- коэффициент затухания

$$\vartheta = \frac{\lambda}{T},$$

- время затухания, в течение которого амплитуда колебаний маятника уменьшится в  $e$  раз

$$\tau = \frac{1}{\vartheta}.$$

Т а б л и ц а 1

Параметры	$m \cdot 10^{-3}$ , кг	$\nu$ , Гц	$\omega$ , рад/с	$\lambda$	$h \cdot 10^{-3}$ , кг/с	$\nu$ , с <sup>-1</sup>	$\tau$ , с
Экспериментальная кривая	80	2	12,56	0,448	0,143	0,896	1,116
Теоретическая кривая	80	2	12,56	0,448	0,143	0,896	1,116

Момент трения будет находиться из уравнения:

$$J\ddot{\varphi} = M_{\text{тр}} - P\ell \sin\varphi(t),$$

$$M_{\text{тр}} = J\dot{\varphi} + P\ell \sin\varphi(t),$$

где  $J = m\ell^2$  – момент инерции,

$$\dot{\varphi} = 1856 \cos(5,8t) \sin(5,8t),$$

$$\ddot{\varphi} = 10764,8(\cos^2(5,8t) - \sin^2(5,8t)).$$

$$M_{\text{тр}}(t) = J \cdot 10764,8(\cos^2(5,8t) - \sin^2(5,8t)) + P\ell \sin(160 \sin^2(5,8t)).$$

Угол равновесия  $\varphi$  момента трения покоя и силы тяжести:

$$F_{\text{ТР}} = \frac{M_{\text{ТР}}}{\ell},$$

где  $M_{\text{ТР}}$  – момент трения;  $\ell$  – длина маятника.

$$\sum \delta A_j^F = -P\ell \sin\varphi d\varphi + M_{\text{ТР}} d\varphi,$$

где

$$P = mg;$$

$$d\varphi(M_{\text{ТР}} - P\ell \sin\varphi) = 0;$$

$$P\ell \sin\varphi = M_{\text{ТР}};$$

$$\sin\varphi = \frac{M_{\text{ТР}}}{P\ell};$$

$$\varphi = \arcsin \frac{M_{\text{ТР}}}{P\ell}.$$

## ВЫВОДЫ

Разработанная модель машины трения, система обработки сигнала и программное обеспечение для ее функционирования позволяют оценить величины силы трения покоя и силы трения скольжения, а также выполнять исследования изменения этих сил при различных условиях трения и испытании смазочного материала.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Егоров С.А., Шибнев А.А., Чернышова А.А. Исследование износостойкости дисперсноупрочненных композиционных материалов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, № 3. С. 125...128.
2. Егоров С.А., Шибнев А.А., Чернышова Т.А., Кобелева Л.И., Болотова Л.К. Композиционный материал для изготовления ротора пневмопрядильной машины БД-200 // Материаловедение. – 2012, № 11. С. 42...46.
3. Алешин Р.Р., Егоров С.А., Корчагин Г.И. Повышение эффективности парафинирования пряжи при изготовлении трикотажа // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2011, №6. С. 149...152.

## REFERENCES

1. Egorov S.A., Shibnev A.A., Chernyshova A.A. Issledovanie iznosostojkosti dispersnoupchnennykh kompozicionnykh materialov // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2012, № 3. S. 125...128.
2. Egorov S.A., Shibnev A.A., Chernyshova T.A., Kobleeva L.I., Bolotova L.K. Kompozicionnyj material dlja izgotovlenija rotora pnevmoprjadil'noj mashiny BD-200 // Materialovedenie. – 2012, № 11. S.42...46.
3. Aleshin R.R., Egorov S.A., Korchagin G.I. Povyshenie jeffektivnosti parafinirovanija prjazhi pri izgotovlenii trikotazha // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2011, № 6. S. 149...152.

Рекомендована кафедрой технологических машин и оборудования. Поступила 15.05.15.



УДК 67.05:62–501.72

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ДЕФОРМАЦИИ  
ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ  
В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ  
ОБОРУДОВАНИЯ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ**

**MODELING OF DEFORMATION PROCESSES  
OF TEXTILE MATERIALS IN SYSTEMS OF ELECTRIC DRIVES  
EQUIPMENT CONTINUOUS OPERATION**

*В.Ф. ГЛАЗУНОВ*  
*V.F. GLAZUNOV*

(Ивановский государственный энергетический университет)  
(Ivanovo State Power University)  
E-mail: office@ispu.ru

*В статье представлен обзор статических и динамических моделей деформации вязкоупругих текстильных материалов, ориентированных на использование их при разработке систем автоматизированных электроприводов текстильных машин.*

*В основу построения моделей положен процесс вытягивания транспортируемого рабочими органами машин материала, вязкоупругие свойства которого учитываются совокупностью элементов Фойгта-Кельвина.*

*The article presents an overview of static and dynamic models of deformation of viscoelastic textile materials-suitable for using in the development of automated systems of textile machines drives.*

*Process of a pulling of the material transported by working bodies of machines which viscoelastic properties are considered by set of elements of Foygta-Calvin is the basis for creation of models.*

**Ключевые слова:** текстильный материал, математическая модель, деформация, скорость, натяжение.

**Keywords:** textile material, mathematical model, deformation, speed, tension.

Последние достижения в области совершенствования технологий непрерывной обработки текстильных материалов, поз-

воляющих существенно повысить производительность оборудования и уменьшить его габариты, ужесточают требования к

системам электроприводов, обеспечивающих управление движением и деформацией материала в зоне обработки, что обуславливает необходимость обоснованного выбора при их проектировании его математической модели.

Особенностью процессов деформации длинномерных текстильных материалов, к которым относятся нить и ткань, является увеличение их коэффициента жесткости в динамических условиях нагружения. Это свойство, установленное профессором В.А. Гордеевым для нитей [1], указывает на вязкую составляющую деформации, пропорциональную скорости изменения длины материала. Однако выполненные за последнее время исследования позволяют говорить о необходимости уточнения такой модели [2], а также ее нелинейности [3], что объясняется, по-видимому, взаимодействием волокон нити в процессе деформации.

Не вызывает сомнений, что процесс деформации ткани носит более сложный характер, чем нити, так как зависит не только от деформационных свойств нити, но и их сложного взаимодействия в структуре ткани.

В общем случае ткань может рассматриваться как анизотропный вязкоупругий материал, математическая модель деформации которого может быть представлена последовательным соединением звеньев Фойгта-Кельвина [1], отражающих упругую, эластическую и пластическую составляющие полной деформации. Условные модули указанных составляющих учитываются соответствующими реологическими коэффициентами упругости и вязкости. При этом указанные коэффициенты, соответствующие пластической составляющей деформации, можно найти по результатам эксперимента путем аппроксимации кривой изменения пластической деформации во времени, а реологические коэффициенты упругости и вязкости, соответствующие модулям упругой и пластической деформаций, аппроксимацией кривой изменения полной деформации.

Приведенные в [4] экспериментальные и расчетные кривые деформации ткани

(миткаль-3) показывают существенную нелинейную зависимость от нагрузки реологических коэффициентов вязкости и упругости, соответствующие эластической деформации.

Более сложной представляется математическая модель процесса деформации транспортируемого под натяжением материала. В первом приближении его передаточная функция, учитывающая вязкоупругие свойства и связывающая операторные изображения натяжения материала с соотношением скоростей, смежных с участком деформации транспортирующих рабочих органов машины, представляется произведением двух передаточных функций, первая из которых отражает процесс вытягивания материала, а вторая – связь натяжения и относительного удлинения [5]. Недостатком такой модели является невозможность учета ограниченного пребывания вязкоупругого материала в зоне деформации, определяющего уровень натяжения.

В основу математической модели, учитывающей единство процессов движения и деформации вязкоупругого материала, может быть положена совокупность последовательно соединенных деформируемых в процессе движения элементарных участков, представленных элементами Максвелла [6] или Фойгта-Кельвина [7].

Так, анализ полученного в [7] соотношения для натяжения транспортируемого вязкоупругого материала в зоне деформации с постоянным соотношением скоростей на ее входе и выходе показывает увеличение натяжения материала с увеличением его модуля вязкости и скорости движения, что подтверждается экспериментальными исследованиями [8].

В этом случае статическая зависимость натяжения  $F$  материала от его параметров и параметров зоны деформации представляется в виде:

$$F = E \frac{L\varepsilon - \frac{\varepsilon_0 b (1 - \exp(-\alpha))}{E}}{L - \frac{b (1 - \exp(-\alpha))}{E}}, \quad (1)$$

где  $L$  – длина полотна в зоне деформации при  $\varepsilon = 0$ ;  $\varepsilon = \frac{\Delta v}{v}$ ,  $\Delta v = v_2 - v_1$ ,  $v_{1,2}$  – скорости материала на входе и выходе зоны деформации;  $E$  – модуль упругости материала;  $\varepsilon_0$  – относительное удлинение полотна на входе в зону деформации;  $\alpha = \frac{EL}{b}$ ;  $b = \frac{\eta v_2 (2 + \varepsilon)}{2(1 + \varepsilon)}$ ;  $\eta$  – модель вязкости материала.

Анализ динамической модели процесса деформации вязкоупругого транспортируемого материала, выполненный в [9] на основе метода теории распределенных систем, позволяет оценить соотношение параметров зоны деформации  $T = \frac{L}{v}$  и материала ( $\eta$ ,  $E$ ), при которых он может рассматриваться как упругое, вязкое или вязкоупругое звено. При этом натяжение материала в зоне деформации:

$$F(s) = \frac{E\Delta v(s)(\tau s + 1)^2}{L\tau s^2 + (L + v_2\theta T)s + v_2(1 - \theta)}. \quad (2)$$

Здесь

$$\tau = \frac{\eta}{E}, \quad \theta = \exp\left(\frac{-T}{\tau}\right), \quad T = \frac{L}{v_2}.$$

Скорость движения материала:

$$v(t) = v_1 + \Delta v \frac{1 - \exp\left(\frac{-t}{\tau}\right)}{1 + \exp\left(\frac{-T}{\tau}\right)}. \quad (3)$$

Ускорение вязкоупругого материала в зоне деформации может быть представлено также уравнением [10]:

$$\frac{dv(t)}{dt} = \zeta \frac{v(t) - v_1}{t}. \quad (4)$$

Здесь  $\zeta$  – коэффициент, характеризующий вязкоупругие свойства материала и определяемый экспериментально [8].

Анализ уравнения (3) показывает изменение мгновенной деформации материала по закону степенной функции, причем величина средней деформации уменьшается с увеличением модуля вязкости и скорости его движения.

В общем случае связь натяжения с относительным удлинением материала является нелинейной, что показывает гистерезис нагрузочных диаграмм ткани [11], проявляющейся в неполной управляемости процесса регулирования натяжения. В этом случае увеличение и уменьшение натяжения материала в процессе регулирования описываются уравнениями (2)...(4) [11].

Неполная управляемость процессом регулирования натяжения материала, обусловленная его нелинейными свойствами, ограничивает показатели быстродействия системы электропривода и может быть компенсирована использованием регуляторов с переменной структурой.

## ВЫВОДЫ

При выборе математической модели процесса деформации транспортируемого вязкоупругого материала в системе электропривода необходимо учитывать соотношение его параметров, длины в зоне деформации и скорости движения, а также требований к быстродействию системы электропривода.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кукин Г.Н., Соловьев А.Н. Текстильное материаловедение. – М.: Легкая индустрия, 1964.
2. Савин О.А., Балабаев П.С. Новая модель диссипативных свойств текстильных материалов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2011, № 1. С. 123...126.
3. Савин О.А., Балабаев П.С. Математическая модель нити с нелинейной жесткостью и ее апробация // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2010, № 6. С. 78...80.
4. Глазунов В.Ф., Александров В.П. О математическом моделировании вязкоупругих свойств ткани в условиях статического нагружения // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1981, № 2. С. 16...18.
5. Глазунов В.Ф., Спичков Ю.П., Красильников А.И. О некоторых особенностях моделирования трикотажного полотна в устройствах стабилизации

его натяжения // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1982, №4. С.71...75.

6. Барышников В.Д., Волков А.М., Королев В.И. Математическое описание многодвигательного электропривода производственного агрегата с учетом упругопластических свойств обрабатываемого материала // Межвуз. сб. научн. тр. – Иваново: Изд. ИвГУ, 1980. С. 3...9.

7. Глазунов В.Ф., Александров В.П. Особенности статической модели движущейся ткани с учетом ее вязкоупругих свойств // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1981, № 5. С. 62...67.

8. Глазунов В.Ф., Тарарыкин С.В., Спичков Ю.П., Бурков А.П. Исследование процесса деформации вязкоупругого полотна в зоне транспортирования // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1985, № 2. С. 78...82.

9. Глазунов В.Ф., Бурков А.П. Динамическая модель процесса деформации вязкоупругого транспортируемого материала // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1985, № 6. С. 66...71.

10. Глазунов В.Ф., Зиновьев Б.С. О деформации вязкоупругого транспортируемого полотна в зоне обработки // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1982, № 2. С. 13...16.

11. Тарарыкин С.В., Глазунов В.Ф., Спичков Ю.П., Чебаков О.В. Влияние нелинейных свойств транспортируемых ленточных материалов на качество регулирования натяжения // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1992, №2. С. 73...79.

#### REFERENCES

1. Kukin G.N., Solov'ev A.N. Tekstil'noe materialovedenie. – М.: Legkaja industrija, 1964.

2. Savin O.A., Balabaev P.S. Novaja model' dissipativnyh svojstv tekstil'nyh materialov // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2011, № 1. С. 123...126.

3. Savin O.A., Balabaev P.S. Matematicheskaja model' niti s nelinejnoj zhestkost'ju i ee aprobacija // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2010, № 6. С. 78...80.

4. Glazunov V.F., Aleksandrov V.P. O matematicheskom modelirovanii vjazkouprugih svojstv tkani v uslovijah staticheskogo nagruzhenija // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 1981, № 2. С. 16...18.

5. Glazunov V.F., Spichkov Ju.P., Krasil'nikov A.I. O nekotoryh osobennostjah modelirovanija trikotazhnogo polotna v ustrojstvah stabilizacii ego natjazhenija // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 1982, №4. С.71...75.

6. Baryshnikov V.D., Volkov A.M., Korolev V.I. Matematicheskoe opisanie mnogodvigatel'nogo jelektroprivoda proizvodstvennogo agregata s uchetom uprugoplasticheskikh svojstv obrabatyvaемого материала // Mezhvuz. sb. nauchn. tr. – Иваново: Изд. ИвГУ, 1980. С. 3...9.

7. Glazunov V.F., Aleksandrov V.P. Osobennosti staticheskoi modeli dvizhushhejsja tkani s uchetom ee vjazkouprugih svojstv // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 1981, № 5. С. 62...67.

8. Glazunov V.F., Tararykin S.V., Spichkov Ju.P., Burkov A.P. Issledovanie processa deformacii vjazkouprugogo polotna v zone transportirovanija // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 1985, № 2. С. 78...82.

9. Glazunov V.F., Burkov A.P. Dinamicheskaja model' processa deformacii vjazkouprugogo transportiruемого материала // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 1985, № 6. С. 66...71.

10. Glazunov V.F., Zinov'ev B.S. O deformacii vjazkouprugogo transportiruемого polotna v zone obrabotki // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 1982, № 2. С. 13...16.

11. Tararykin S.V., Glazunov V.F., Spichkov Ju.P., Chebakov O.V. Vlijanie nelinejnyh svojstv transportiruемых lentochnyh materialov na kachestvo regulirovanija natjazhenija // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 1992, № 2. С. 73...79.

Рекомендована кафедрой электропривода и автоматизации промышленных установок. Поступила 27.10.14.

**ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКАЯ МИКРОКОНТРОЛЛЕРНАЯ СИСТЕМА  
УПРАВЛЕНИЯ НАТЯЖЕНИЕМ ОСНОВЫ  
НА ОСНОВОВЯЗАЛЬНЫХ МАШИНАХ**

**MICROCONTROLLER ELECTROMECHANICAL CONTROL SYSTEM  
WARP TENSION FOR WARP KNITTING MACHINES**

*Е.К. ВИКТОРОВ, С.Ю. ПАВЛЫЧЕВ, А.А. КАТАМАНОВ, С.А. ЕГОРОВ*  
*E.K. VIKTOROV, S.JU. PAVLYCHEV, A.A. KATAMANOV, S.A. EGOROV*

(Ивановский государственный политехнический университет. Текстильный институт)  
(Ivanovo State Polytechnic University. Textile Institute)  
E-mail: esa21-02@mail.ru

*В статье приведено описание разработанной электромеханической микроконтроллерной системы управления натяжением основы на основовязальных машинах.*

*The article presents developed microcontroller electromechanical control system warp tension on the warp engines.*

**Ключевые слова:** натяжение, основовязальная машина, электромеханическая система, микроконтроллерная система, система "электронный кулачок".

**Keywords:** a tension, warp knitting machine, electromechanical system, microcontroller system, the "the electronic cam."

В процессе изготовления трикотажных изделий на основовязальных машинах необходимо обеспечить изменение величины натяжения основы в зависимости от угла поворота главного вала технологического оборудования.

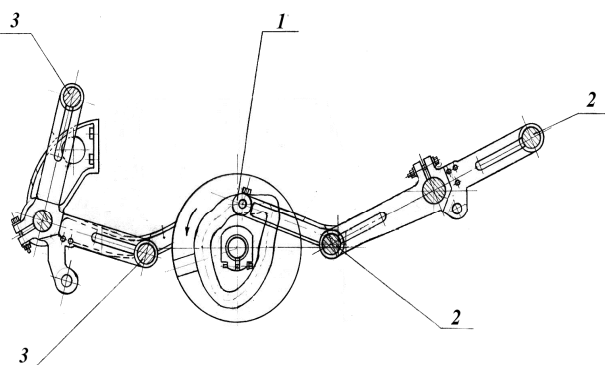


Рис. 1

При повороте главного вала изменяется положение кулачка 1, и за счет механиче-

ским способом решения этой задачи является использование кулачкового механизма (рис. 1), управляющего положением механизмов натяжения основы, выполненных в виде бремзы.

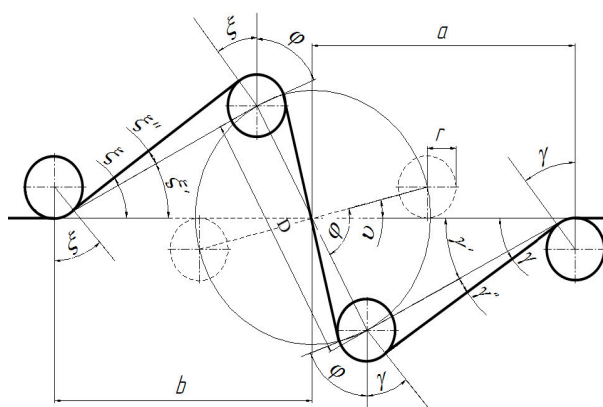


Рис. 2

ской передачи изменяется положение бремзы 2 и 3, что обеспечивает изменение

натяжения нитей основы. Можно отметить, что натяжение основы будет изменяться в соответствии с формулой Эйлера:

$$T = e^{\alpha k_{тр}}, \quad (1)$$

где  $k_{тр}$  – коэффициент трения нитей основы;  $T$  – натяжение нитей основы;  $\alpha$  – угол охвата материалом валов бремзы.

Охват валов основой изображен на рис. 2 (схема углов охвата нитей основы валов бремзы).

Угол охвата материалом валов бремзы рассчитывают по формуле:

$$\alpha = 2\varphi + \gamma + \xi, \quad (2)$$

где  $\varphi$  – угол поворота бремзы;  $\gamma$  – угол охвата материалом принимающего вала ( $\gamma = \gamma' + \gamma''$ );  $\xi$  – угол охвата материалом подающего вала ( $\xi = \xi' + \xi''$ ).

Углы  $\gamma'$  и  $\gamma''$  рассчитываются по формулам:

$$\gamma' = \arcsin \frac{D \sin(\varphi - \nu)}{\sqrt{D^2 + a^2 - 2aD \cos(\varphi - \nu)}}, \quad (3)$$

$$\gamma'' = \arcsin \frac{r}{\sqrt{D^2 + a^2 - 2aD \cos(\varphi - \nu)}}, \quad (4)$$

где  $D$  – диаметр между центрами валов бремзы;  $\nu$  – угол, зависящий от радиуса валов бремзы;  $a$  – расстояние от центра вращения бремзы до центра принимающего вала;  $r$  – радиус валов бремзы.

Углы  $\xi'$  и  $\xi''$  рассчитываются по формулам:

$$\xi' = \arcsin \frac{D \sin(\varphi - \nu)}{\sqrt{D^2 + b^2 - 2bD \cos(\varphi - \nu)}}, \quad (5)$$

$$\xi'' = \arcsin \frac{r}{\sqrt{D^2 + b^2 - 2bD \cos(\varphi - \nu)}}, \quad (6)$$

где  $b$  – расстояние от центра подающего вала до центра вращения бремзы,

$$\nu = \arcsin \left( \frac{r}{D} \right).$$

Использование кулачка для управления углом поворота бремзы в функции от угла поворота главного вала имеет как преимущества, так и недостатки. Преимуществом является сравнительная простота конструкции системы управления натяжением и отсутствие необходимости использования дополнительных источников энергии для ее функционирования. Недостатками являются: сложность изготовления кулачка для обеспечения заданного F1 закона изменения угла поворота бремзы, невозможность технологической перенастройки оборудования без замены кулачковой пары из нормального режима эксплуатации вследствие износа поверхности кулачкового механизма.

Устранение указанных недостатков можно выполнить, заменив механическое управление углом поворота бремзы на электромеханическую систему управления, которая может включать в себя датчик угла поворота главного вала, датчики угла поворота бремзы, блок формирования заданной функциональной зависимости и исполнительный механизм. В качестве датчиков угла поворота можно использовать абсолютные энкодеры, разрешающая способность которых должна обеспечивать требуемую точность контроля угла поворота.

Анализ существующего механизма позволяет рекомендовать энкодер, имеющий дискретность 1024 отсчетов на  $360^\circ$ . Для обеспечения формирования зависимости F1( $\beta$ ) можно использовать программируемый микроконтроллер, который будет выполнять функции приема информации с датчиков, формирования управляющего воздействия на исполнительный механизм и контроля достижения заданного угла поворота рабочих органов.

Структурная схема предлагаемой системы управления углом поворота бремзы будет иметь вид, показанный на рис. 3.

Система включает в себя датчик 1 угла поворота главного вала, микроконтроллерный блок 4 обработки информации, датчики 2 и 3 угла поворота бремзы, исполнительные механизмы 5 и 6, управляющие поворотом бремзы.

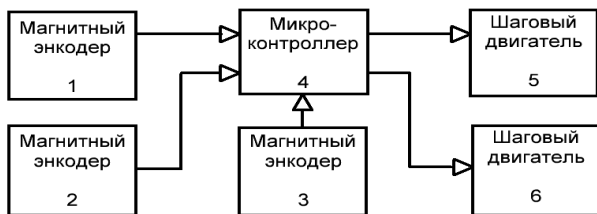


Рис. 3

Исполнительные механизмы могут представлять из себя, например, шаговые двигатели, посредством шариковинтовой передачи через карданный шарнир соединенные с соответствующими тормозами. В качестве датчиков 1, 2 и 3 могут использоваться абсолютные энкодеры, выходной сигнал которых поступает на порты ввода данных микроконтроллерного блока. Микроконтроллерный блок считывает код датчика 1 и формирует выходной код для исполнительных механизмов 5 и 6, используя для формирования этого кода функции  $F1$  и  $F1'$ , где  $F1$  и  $F1'$  – соответственно функции преобразования угла поворота главного вала в угол поворота первой тормозы и второй тормозы. После формирования выходного кода через некоторый промежуток времени, достаточный для поворота тормозы на заданный угол, выполняется считывание сигналов с датчиков 2 и 3. Измеренные значения сравниваются с рассчитанными величинами, и, в необходимых случаях, происходит корректировка положения тормозы путем передачи сигналов коррекции на исполнительные механизмы 5 и 6. После завершения коррекции вновь происходит считывание кода с датчика 1 и цикл управления повторяется. Длительность цикла обработки информации и управления положением тормозы выбирается таким образом, чтобы изменение положения рабочих органов (тормозы) происходило за незначительные промежутки времени (порядка десятков миллисекунд).

Важным преимуществом микропроцессорной электромеханической системы управления натяжением основы на основывающихся машинах является возможность оперативного изменения зависимости изменения функции натяжения основы от угла поворота главного вала. Для этого достаточно перепрограммировать микро-

контроллер, что потребует не более тридцати минут, при условии, что имеется библиотека готовых процедур формирования требуемых зависимостей вида  $F1(\beta)$ .

## ВЫВОДЫ

1. Применение микропроцессорной электромеханической системы управления натяжением основы позволяет отказаться от дорогостоящего и относительно недолговечного кулачкового механизма, сложного в изготовлении.

2. Применение микропроцессорной системы управления позволяет оперативно изменять зависимость натяжения основы от угла поворота главного вала, что дает возможность гибкого формирования ассортимента выпускаемой продукции.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Викторов Е.К., Павлычев С.Ю., Синицын В.И. Разработка и исследование имитационной модели машины для измерения коэффициента трения текстильных материалов // Сб. мат. Межвуз. научн.-техн. конф. аспирантов и студентов: Молодые ученые – развитию текстильной и легкой промышленности (ПОИСК-2012). – Иваново, 2013. С.28...29.

2. Викторов Е.К., Павлычев С.Ю., Синицын В.И. Разработка и исследование устройства для измерения коэффициента трения текстильных материалов // Сб. мат. Межвуз. научн.-техн. конф. аспирантов и студентов: Молодые ученые – развитию текстильной и легкой промышленности (ПОИСК-2012). – Иваново, 2014. С. 23...24.

## REFERENCES

1. Viktorov E.K., Pavlychev S.Ju., Sinicyan V.I. Razrabotka i issledovanie imitacionnoj modeli mashiny dlja izmerenija koeficienta trenija tekstil'nyh materialov // Sb. mat. Mezhvuz. nauchn.-tehn. konf. aspirantov i studentov: Molodye uchenye – razvitiju tekstil'noj i legkoj promyshlennosti (POISK-2012). – Ivanovo, 2013. S. 28...29.

2. Viktorov E.K., Pavlychev S.Ju., Sinicyan V.I. Razrabotka i issledovanie ustrojstva dlja izmerenija koeficienta trenija tekstil'nyh materialov // Sb. mat. Mezhvuz. nauchn.-tehn. konf. aspirantov i studentov: Molodye uchenye – razvitiju tekstil'noj i legkoj promyshlennosti (POISK-2012). – Ivanovo, 2014. S.23...24.

Рекомендована кафедрой технологических машин и оборудования. Поступила 29.05.15.

УДК 621.569.92.041

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ  
ВЛИЯНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ФАКТОРОВ  
НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ ГЕРМЕТИЧНЫХ АГРЕГАТОВ  
ХОЛОДИЛЬНЫХ МАШИН**

**THEORETICAL ANALYSIS  
OF THE IMPACT OF OPERATING FACTORS  
ON THE HEALTH OF HERMETIC REFRIGERATORS**

*А.В. КОЖЕМЯЧЕНКО, Ю.Г. ФОМИН, С.П. ПЕТРОСОВ, М.А. ЛЕМЕШКО, В.В. РУКАСЕВИЧ*  
*A.V. KOZHEMJACHENKO, YU.G. FOMIN, S.P. PETROSOV, M.A. LEMESHKO, V.V. RUKASEVICH*

(Институт сферы обслуживания и предпринимательства  
(филиал) Донского государственного технического университета, г. Шахты, Ростовской области,  
Ивановский государственный политехнический университет. Текстильный институт)  
(Institute of the Service Sector and Businesses (branch)  
Don State Technical University, Shakhty, Rostov Region,  
Ivanovo State Polytechnical University. Textile Institute)  
E-mail: vova1572@rambler.ru; petrosov217@rambler.ru; lem-mikhail@ya.ru

*В статье выполнен анализ влияния эксплуатационных факторов, определяющих особенности теоретического цикла работы герметичного агрегата холодильной машины и влияющих на эффективность ее эксплуатации.*

*In this paper the analysis of operational factors which determines the peculiarities of theoretical cycle of hermetic unit and the power operating in the efficiency of operation of compression refrigerator is made.*

**Ключевые слова:** холодильная машина, работоспособность, теоретический цикл, герметичный агрегат.

**Keywords:** refrigerator, working capacity, theoretical cycle, hermetic unit.

Герметичная система агрегата холодильной машины не обеспечивает доступа к обслуживанию встроенного электродвигателя хладонового компрессора; температура воздуха вокруг его кожуха и конденсатора в летний период может достигать

50°C и более; в процессе эксплуатации ХМ имеют место необратимые физико-химические процессы и реакции между компонентами рабочей среды и материалами подсистем герметичного агрегата ХМ и т.п. [2].



Современный опыт эксплуатации ХМ показывает, что в основном изменение их технического состояния обуславливается воздействием следующих эксплуатационных факторов:

- режимом работы герметичного агрегата;
- температурой и скоростью движения окружающего воздуха около конденсатора и хладонового компрессора;
- износом трибосопряжений хладонового компрессора;
- засорением внутренней системы герметичного агрегата ХМ [4];
- количеством и наличием холодильного агента;
- плотностью прилегания двери к шкафу ХМ;
- загруженностью шкафа продуктами (в бытовых холодильниках) и др. [3].

Вся совокупность вышеперечисленных факторов, как правило, снижает холодопроизводительность ХМ для обеспечения требуемого нормативного температурного уровня в низкотемпературном и холодильном отделениях, соответствующие приборы автоматики управления ХМ увеличивают значение коэффициента рабочего времени хладонового компрессора, снижают холодильный коэффициент холодильной машины и собственно ресурс работы.

С точки зрения анализа термодинамических циклов это вызывает изменение тепловых характеристик реперных точек цикла и увеличение затрат на работу холодильной машины.

Наличие дополнительного сопротивления в связи с засорением внутренней системы герметичного агрегата на пути движения хладона предполагает появление процесса  $6_p-6_o$ , характеризующего снижение давления в тракте на пути в испаритель и, как следствие, протекание процесса испарения при более низком давлении  $6_{po}-1_o$  (рис. 1 – схема термодинамического цикла:  $1-1_p-2_p-3_p-4_p-5_p-6_p$  – регенеративный цикл с адиабатическим сжатием;  $1_o-1_{po}-2_{po}-3_{po}-4_{po}-5_p-6_{po}$  – действительный цикл герметичного агрегата холодильной машины

при наличии эксплуатационных отложений в жидкостном тракте).

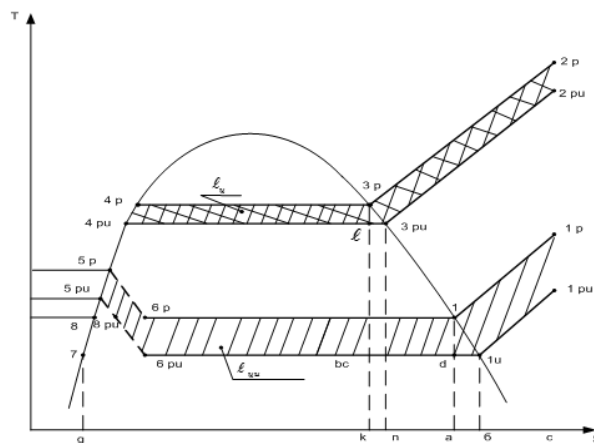


Рис. 1

При этом подогрев пара, до начала сжатия осуществляется по изобаре  $1_o-1_{po}$ . Таким образом, площадь  $1_o-1_{po}-1_p-1-6_p-6_{po}$  представляет собой дополнительную затрату работы в цикле, обусловленную несовершенством существующих средств очистки рабочей среды при наличии объективных факторов дестабилизации конструктивных и функциональных элементов.

Снижение удельной массовой холодопроизводительности предполагает увеличение удельного объема пара всасываемого, что приводит к увеличению удельной работы сжатия, с одной стороны, и снижению давления конденсации, с другой. В результате характеристики действительного термодинамического цикла с учетом возможного изменения координат реперных точек линии высокого давления изменяются. В связи с тем, что эксплуатационные характеристики агрегатов бытовых холодильных машин характеризуются малыми расходами, как показывает анализ литературных источников, снижение производительности, обусловленное наличием эксплуатационных отложений, приведет к смещению процесса конденсации в координатах  $T - S$  в положение процесса, протекающего по изобаре  $4_{po}-3_{po}-2_{po}$ . Площадь  $2_{po}-2_p-3_p-4_p-4_{po}$  характеризует возможное уменьшение работы цикла.

Анализ характеристик цикла действительного агрегата  $1_o-1_{po}-2_{po}-3_{po}-4_{po}-5_p-6_{po}$

осуществляли с применением T-S диаграммы состояния хладона R-134 а диапазоне температурных границ, характерных для условий реальной эксплуатации современных конструкций холодильников и морозильников с учетом перспективы их развития на основе снижения температур в камерах и увеличения их внутреннего объема.

При анализе применяемых термодинамических циклов широкое распространение получил метод площадей с последующей обработкой результатов на вычислительных комплексах.

Ниже приводится анализ процессов, характеристики которых изменены с учетом появления дополнительного источника

$$F_{1_{po}-2_{po}-3_{po}-4_{po}-5_p-6_{po}} = F_{1_p-2_p-3_p-4_p-5_p-6_p} - F_{2_{po}-2_p-3_p-4_p-4_{po}-3_{po}} + F_{1_{po}-1_p-1-6_p-6_{po}}.$$

Площадь  $3_p-3_{po}-2_{po}-2_p$  можно определить путем расчетов и последующего алгебраического сложения площадей K- $3_p-2_p-C$  и K- $3_p-3_{po}-n$  и  $n-3_{po}-2_{po}-C$ . Из диаграммы следует, что площадь K- $3_p-2_p-C$  определяется из уравнения:

$$F_{K-3_p-2_p-C} = (S_{2_p} - S_{3_p}) \frac{T_{2_p} + T_{3_p}}{2}, \quad (1)$$

где  $S_{2_p}$  и  $S_{3_p}$  – энтропии точек конца адиабатического сжатия и сухого насыщенного пара на линии конденсации;  $T_{2_p}$  и  $T_{3_p}$  – соответствующие им температуры.

$$F_{3_p-3_{po}-2_{po}-2_p} = \frac{1}{2} \left[ S_{2_p} (T_{2_p} + T_{3_p}) - S_{3_p} (T_{2_p} - T_{3_{po}}) - S_{3_{po}} (T_{3_p} - T_{2_{po}}) - S_{2_{po}} (T_{2_{po}} + T_{3_{po}}) \right]. \quad (4)$$

Эта площадь является составляющей площади  $2_{po}-2_p-3_p-4_p-4_{po}-3_{po}$ , остальные со-

- площадь треугольника  $e-3_{po}-3_p$  составит:

$$F_{e-3_{po}-3_p} = \frac{(T_{3_p} - T_{3_{po}})(S_{3_{po}} - S_{3_p})}{2}, \quad (5)$$

- площадь многогранника  $e-3_{po}-2_{po}-2_p-3_p$  составит:

$$F_{e-3_{po}-2_{po}-2_p-3_p} = \frac{1}{2} \left[ S_{2_p} (T_{2_p} + T_{3_p}) - S_{3_p} (T_{2_p} - T_{3_{po}} + T_{3_p} - T_{3_{po}}) - S_{3_{po}} (T_{3_{po}} - T_{2_{po}}) \right], \quad (6)$$

внутренней необратимости, обусловленного снижением массового расхода холодильного агента. С этой целью характеристики агрегата при наличии влияния эксплуатационных факторов выражаем через известные заданные характеристики цикла агрегата для условий их отсутствия. Работа цикла  $1_o-1_{po}-2_{po}-3_{po}-4_{po}-5_p-6_{po}$  определяется путем расчета характеристики регенеративного цикла  $1-1_p-2_p-3_p-4_p-5_p-6_p$  с последующим вычетом работы, эквивалентной в координатах T-S площади  $2_{po}-2_p-3_p-4_p-4_{po}-3_{po}$ , и сложением с величиной работы, характеризующей в этих же координатах величиной площади  $1_o-1_{po}-1_p-1-6_p-6_{po}$ .

$$F_{K-3_p-3_{po}-n} = (S_{3_{po}} - S_{3_p}) \frac{T_{3_p} + T_{3_{po}}}{2}, \quad (2)$$

где  $S_{3_{po}}$  и  $T_{3_{po}}$  – энтропия и температура сухого насыщенного пара для агрегата при наличии отложений.

$$F_{n-3_{po}-2_{po}-C} = (S_{2_{po}} - S_{3_{po}}) \frac{T_{3_{po}} + T_{2_{po}}}{2}, \quad (3)$$

где  $S_{2_{po}}$  и  $T_{2_{po}}$  – энтропия и температура хладона в конце адиабатического сжатия.

Таким образом,

ставяющие которой определяются из следующих выражений:

- площадь четырехугольника  $e-3_p-4_p-4_{po}$   
составит:

$$F_{e-3_p-4_p-4_{po}} = \frac{(S_{3_p} - S_{4_{po}}) + (S_{3_p} - S_{4_p})}{2} (T_{3_p} - T_{4_{po}}), \quad (7)$$

где  $S_{4_p}$  и  $S_{4_{po}}$  – энтропии цикла с адиабатическим сжатием и реального агрегата при наличии отложений;  $T_{4_{po}}$  – температура насыщенной жидкости для реального агрегата с отложениями.

В целом снижение работы цикла, эквивалентное площади  $3_{po}-2_{po}-2_p-3_p-4_p-4_{po}$ , составляет:

$$I_{цо}^{кд} = \frac{1}{2} \left[ S_{2_p} (T_{2_p} + T_{3_p}) - S_{2_{po}} (T_{2_{po}} + T_{3_p}) - S_{3_{po}} (T_{3_p} - T_{2_{po}}) - \right. \\ \left. - S_{3_{po}} (2T_{4_{po}} - T_{3_p} + T_{2_p} - 2T_{3_{po}}) - (T_{3_p} - T_{4_{po}})(S_{4_{po}} + S_{4_p}) \right], \quad (8)$$

где индекс "кд" означает уменьшение работы на линии высокого давления, обусловленное снижением производительности.

Рост удельной работы цикла на стороне низкого давления определяется путем алгебраического сложения площадей:  $a-1-1_p-c$ ,  $a-1-1_o-b$ ,  $b-1_o-1_{po}-c$  и  $d-1-b_p-b_{po}$ .

$$F_{1_o-1_{po}-1_p-b_p-b_o} = F_{a-1-1_p-c} - (F_{a-1-1_o-b} + F_{b-1_o-1_{po}-c}) + F_{d-1-1_o} + F_{d-1-b_p-b_{po}}.$$

Площадь  $1-1_o-1_{po}-1_p$  находим из выражения:

$$F_{1-1_o-1_{po}-1_p} = \frac{1}{2} \left[ S_{1_p} (T_{1_p} + T_1) - S_1 (T_{1_p} - T_{1_o}) - S_{1_o} (T_1 - T_{1_{po}}) - S_{1_{po}} (T_{1_{po}} + T_{1_o}) \right]. \quad (9)$$

Эта площадь составляющей площади  $1_o-1_{po}-1_p-1-b_p-b_{po}$ , остальные составляющие которой определяются из следующих выражений:

- площадь треугольника  $d-1-1_o$ :

$$F_{d-1-1_o} = \frac{(T_1 - T_{1_o})(S_{1_o} - S_1)}{2}, \quad (10)$$

где  $S_1$  и  $S_{1_o}$  – энтропии соответственно для регенеративного цикла с адиабатическим сжатием и реального агрегата на линии насыщения;  $T_1$  и  $T_{1_o}$  – соответствующие им температуры.

В целом площадь  $d-1_o-1_{po}-1_p-1$  составляет:

$$F_{d-1_o-1_{po}-1_p-1} = \frac{1}{2} \left[ S_{1_p} (T_{1_p} + T_1) - S_1 (T_{1_p} - T_{1_o} + T_1 - T_{1_o}) - S_{1_o} (T_{1_o} - T_{1_{po}}) - S_{1_{po}} (T_{1_{po}} + T_{1_o}) \right]. \quad (11)$$

Площадь четырехугольника  $d-1-b_p-b_o$ :

$$F_{d-1-b_p-b_o} = \frac{(S_1 - S_{b_{po}})(S_1 - S_{b_p})(T_1 - T_{b_{po}})}{2}, \quad (12)$$

где  $S_{b_p}$  и  $S_{b_{po}}$  – соответственно энтропии точек окончания дросселирования для

циклов регенеративного исходного и при наличии отложений;  $T_{b_{po}}$  – температура, равная  $T_{1_o}$ .

В результате рост работы цикла, обусловленной снижением нижней границы, определяется уравнением:

$$I_{\text{ис}}^{\text{вс}} = \frac{1}{2} \left[ S_{1p} (T_{1p} + T_1) - S_{1po} (T_{1po} + T_{1o}) - S_{1o} (T_{1o} - T_{1po}) - S_1 (2T_{\text{ср}} - T_1 + T_{1p} - 2T_{1o}) - (T_1 - T_{\text{ср}}) (S_{\text{ср}} + S_{\text{ср}}) \right]. \quad (13)$$

Площади, характеризующие затраты работы на реализацию соответствующих процессов, можно определять также путем интегрирования уравнений линий, характеризующих каждый конкретный процесс рассматриваемого цикла.

$$I_{1-1_o-1_{po}-1_p} = \int_{S_1}^{S_{1p}} \frac{(S-S_1)(T_{1p}-T_1) + T_1(S_{1p}-S_1)}{S_{1p}-S_1} dS - \int_{S_1}^{S_{1o}} \frac{(S-S_1)(T_{1o}-T_1) + T_1(S_{1o}-S_1)}{S_{1o}-S_1} dS - \int_{S_{1o}}^{S_{1po}} \frac{(S-S_{1o})(T_{1po}-T_{1o}) + T_{1o}(S_{1po}-S_{1o})}{S_{1po}-S_{1o}} dS. \quad (14)$$

Аналогично определяются остальные составляющие работы цикла, и с последующей компьютерной обработкой находят их количественные характеристики.

В общем случае уравнение для определения работы реального цикла с учетом наличия отложений в общем виде может быть представлено в виде:

$$\ell_{po} = \ell_p - \ell_{\text{ис}}^{\text{кл}} + \ell_{\text{ис}}^{\text{вс}}, \quad (15)$$

где  $\ell_p$  – работа, совершаемая в регенеративном цикле компрессионной холодиль-

ной машины с адиабатическим сжатием перегретого пара и регенерацией;  $\ell_{\text{ис}}^{\text{кл}}$  и  $\ell_{\text{ис}}^{\text{вс}}$  – соответственно величины частных работ, обусловленных наличием отложений и приводящих на этой основе к изменению характеристик применяемого термодинамического цикла.

Как показано Л.М. Розенфельдом [5], величина  $\ell_p$  в пределах температурных границ, характерных для реальных условий эксплуатации холодильной машины, может быть представлена в виде:

$$\ell_p = \frac{T-T_o}{T_o} C'_x (T-T_o) \left[ K - \frac{M}{2} - \frac{LM}{\mu_1 - 1} \frac{T}{T-T_o} + L_1 \left( \frac{2T}{T-T_o} \frac{1}{\mu_1 - 1} + 1 \right) \right], \quad (16)$$

где  $T$  и  $T_o$  – соответственно значения температур, характерных для верхней и нижней границы регенеративного цикла [6];  $C'_x$  – теплоемкость жидкого хладона R134a на левой пограничной кривой в диаграмме;  $K$  – безразмерный критерий, характеризующий термодинамические свойства хладона R134a, в пределах температурных границ применяемых циклов определяется из формулы [7]:

$$K = \frac{r_o}{C'_x [T-T_o]},$$

где  $r_o$  – теплота парообразования жидкого хладона R134a;  $M$  – безразмерный критерий, характеризующий температурные гра-

ницы цикла; величина  $M$  определяется из выражения:

$$M = \frac{T_o}{T_m},$$

где  $T_m$  – среднее арифметическое значение температур, характерных для верхней и нижней границ;  $T_m = \frac{T_o + T}{2}$ ;  $L$  – безразмерная величина, характеризующая отношение теплоемкостей перегретого пара и насыщенной жидкости в пределах температурных границ цикла, определяется из выражения:

$$L = \frac{C_x''}{C_x'},$$

где  $Cx''$  – теплоемкость перегретого пара при постоянном давлении;  $\mu_1$  – коэффициент преобразования цикла теплового насоса;  $L_1$  – безразмерный комплекс, характеризующий соотношение теплоемкостей перегретого пара и насыщенной жидкости; величина  $L_1$  определяется из выражения:

$$L = \frac{C_p}{C_x'}$$

С учетом вышесказанного величина  $\ell_p$  может быть записана в виде:

$$\ell_p = \frac{C_x'}{E_c} (T_{3p} - T_1) \left[ K - \frac{M}{2} - \frac{LM}{\mu_1 - 1} \frac{T_{3p}}{T_{3p} - T_1} + L_1 \left( \frac{2T_{3p}}{(T_{3p} - T_1)(\mu_1 - 1)} + 1 \right) \right], \quad (17)$$

где  $E_c$  – холодильный коэффициент идеального цикла Карно.

Величина удельной массовой холодопроизводительности определяется из уравнения:

$$q_{o_{po}} = r_0^o - \left[ T_{3p} (\overline{\Delta Ga_2})^{\bar{k}} - T_1 (\overline{\Delta Ga_1})^{\bar{k}} \right] (C_x' + C_p). \quad (18)$$

В результате холодильный коэффициент реального термодинамического цикла

$1_o-1_{po}-2_{po}-3_{po}-4_{po}-5_{po}-6_{po}$  представляем в виде:

$$E_{po} = \frac{r_0^o - \left[ T_{3p} (\overline{\Delta Ga_2})^{\bar{k}} - T_1 (\overline{\Delta Ga_1})^{\bar{k}} \right] (C_x' + C_p)}{\ell_{po}}. \quad (19)$$

## ВЫВОДЫ

Имея параметры изменения расхода холодильного агента  $\overline{\Delta Ga_2}$  и  $\overline{\Delta Ga_1}$ , обусловленного влиянием эксплуатационных факторов, с использованием уравнений (1) и (2) можно определить теоретическое изменение работы применяемого цикла в сравнении с базовым, а затем известным способом вычислить степень снижения энергетической эффективности реального цикла и соответственно работоспособность холодильной машины.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Якобсон В.Б.* Малые холодильные машины. – М.: Пищевая промышленность, 1977.
2. *Кожмяченко А.В., Петросов С.П., Лемешко М.А. и др.* Определение предельно допустимых значений энергетических показателей качества бытовых компрессионных холодильных приборов

// Изв. вузов. Сев.-Кав. Регион. Технические науки. – 2014. С.132...138.

3. *Нимич Г.В., Михайлов В.А., Бондарь Е.С.* Современные системы вентиляции и кондиционирования воздуха. – К.: ТОВ "Видавничий будинок "Аванпост-Прим", 2003.

4. *Кожмяченко А.В.* Влияние загрязнений на работоспособность герметичных агрегатов бытовых холодильников и повышение их энергетических эксплуатационных характеристик при ремонте: Дис. ... канд. техн. наук. – М.: МТИ.

5. *Розенфельд Л.М., Ткачев А.Г.* Холодильные машины и агрегаты. – М.: Госториздат, 1962.

6. *Осокин В.В., Кудрин А.Б., Дёмин М.В.* О влиянии температуры окружающей среды на теплоэнергетические характеристики бытового холодильника // Холодильна техніка і технологія. – Одеса, 2011, № 1(129). С. 17...22.

7. *Бадилькес И.С.* Рабочие вещества и процессы холодильных машин. – М.: Госториздат, 1962.

## REFERENCES

1. *Jakobson V.B.* Malye holodil'nye mashiny. – М.: Pishhevaya promyshlennost', 1977.

2. Kozhemjachenko A.V., Petrosov S.P., Lemeshko M.A. i dr. Opredelenie predel'no dopustimyh znachenij jenergeticheskikh pokazatelej kachestva bytovyh kompressionnyh holodil'nyh priborov // Izv. vuzov. Sev.-Kav. Region. Tehnicheskie nauki. – 2014. S.132...138.

3. Nimich G.V., Mihajlov V.A., Bondar' E.S. Sovremennye sistemy ventiljacii i kondicionirovanija vozduha. – K.: TOV "Vidavnichij budinok "Avanpost-Prim", 2003.

4. Kozhemjachenko A.V. Vlijanie zagrzjaznenij na rabotosposobnost' germetichnyh agregatov bytovyh holodil'nikov i povysenie ih jenergeticheskikh jekspluatacionnyh harakteristik pri remonte: Dis. ... kand. tehn. nauk. – M.: MTI.

5. Rozenfel'd L.M., Tkachev A.G. Holodil'nye mashiny i agregaty. – M.:Gostorizdat, 1962.

6. Osokin V.V., Kudrin A.B., Djomin M.V. O vlijanii temperatury okruzhajushhej sredy na teplojenergeticheskie harakteristiki bytovogo holodil'nika // Holodil'na tehnika i tehnologija. – Odesa, 2011, №1(129). S. 17...22.

7. Badyl'kes I.S. Rabochie veshhestva i processy holodil'nyh mashin. – M.: Gostorizdat, 1962.

Рекомендована кафедрой проектирования текстильного отделочного оборудования ТИ ИВГПУ. Поступила 24.11.14.

УДК 666.972.17:519.8

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕПЛОМАССОПЕРЕНОСА  
В ПЕРСПЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ  
ПРОИЗВОДСТВА МАТЕРИАЛОВ  
ТЕКСТИЛЬНОЙ И СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ\***

**THEORETICAL FUNDAMENTALS OF HEAT AND MASS TRANSFER  
IN THE EMERGING TECHNOLOGIES OF PRODUCTION  
OF MATERIALS FOR THE TEXTILE AND CONSTRUCTION INDUSTRIES**

*С.В. ФЕДОСОВ, М.В. АКУЛОВА, С.А. КОКШАРОВ, О.В. МЕТЕЛЕВА  
S.V. FEDOSOV, M.V. AKULOVA, S.A. KOKSHAROV, O.V. METELEVA*

**(Ивановский государственный политехнический университет,  
Институт химии растворов им. Г.А. Крестова Российской академии наук, г. Иваново)  
(Ivanovo State Polytechnic University,  
Institute of Solution Chemistry of RAS named after G.A. Krestov, Ivanovo)  
E-mail: fedosov-academic53@mail.ru; m\_akulova@mail.ru**

*Рассмотрены особенности тепловых и массообменных процессов в технологиях текстильной и легкой промышленности, а также строительной индустрии. Отмечено сходство математического аппарата при моделировании процессов теплопереноса в пористой структуре волокнистого материала и бетонного камня. Определены ключевые направления создания научно-технического задела для последующей разработки реализуемых в швейном производстве и строительной индустрии технологий получения материалов с новыми или улучшенными эксплуатационными свойствами.*

*The features of heat and mass transfer processes in technologies of textile and light industry, as well as the construction industry. Noted the similarity of the mathematical device in the modeling of processes of heat transfer in a porous*

\* Исследования выполнены в рамках государственного задания № 11.1898.2014/К Минобрнауки РФ в сфере научной деятельности.

*structure of fibrous material and concrete blocks. Provides key avenues of establishing scientific and technical reserve for future development in the construction industry and clothing manufacture technologies of materials with new or improved performance characteristics.*

**Ключевые слова:** тепломассоперенос, технология, текстильная промышленность, строительная отрасль.

**Keywords:** heat and mass transfer, technology, textile industry, construction industry.

В современной технологии производства волокнистых, тканевых и нетканых материалов, предназначенных для текстильной [1...5], химической [6], [7] и строительной [8...10] отраслей промышленности, наиболее широко применяемыми способами интенсификации тепломассопереноса в процессах придания материалам и изделиям необходимых свойств (водоотталкивание, хемостойкость, деформационная устойчивость, повышение прочности на истирание, разрыв и т.д.) являются различные виды термических воздействий: нагревание, охлаждение, обжиг и отжиг, тепловлажностная обработка, наложение полей токов высокой и сверхвысокой частоты и др.

При этом, несмотря на имеющиеся различия в видах переплетения (рис. 1 – основные виды тканевых переплетений: а – полотняное; б – атласное; в – репсовое), с

позиций физического моделирования все многообразие тканевых материалов может быть представлено двумя каноническими формами: пластина или цилиндр (неограниченных или ограниченных размеров).

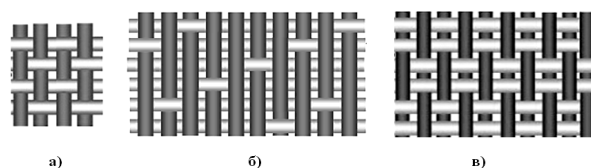


Рис. 1

Математически задачи переноса теплоты и массы вещества в цилиндрических нитях или пластинчатых телах могут быть представлены следующими нелинейными дифференциальными уравнениями в частных производных параболического типа [5], [7], [9]:

$$\rho(t,u)c(t,u)\frac{\partial t(x,\tau)}{\partial \tau} = \frac{\partial}{\partial x} \left[ \lambda(t,u)\frac{\partial t(x,\tau)}{\partial x} \right] + \lambda(t,u)\frac{\Gamma}{x}\frac{\partial t(x,\tau)}{\partial x} + Q_T(x,\tau); \tau > 0; 0 \leq x \leq L, \quad (1)$$

$$\frac{\partial u(x,\tau)}{\partial \tau} = \frac{\partial}{\partial x} \left[ k(t,u)\frac{\partial u(x,\tau)}{\partial x} \right] + k(t,u)\frac{\Gamma}{x}\frac{\partial u(x,\tau)}{\partial x} + Q_M(x,\tau); \tau > 0; 0 \leq x \leq L. \quad (2)$$

Здесь  $t(x,\tau)$ ,  $u(x,\tau)$  – функции, определяющие поля температур ( $t$ ) или массосодержаний ( $u$ ) в материале твердой фазы (пластине, цилиндре), соответственно  $K$  или  $кг/м^3$ ;  $\rho$ ,  $c$  – плотность и теплоемкость твердой фазы,  $кг/м^3$ ,  $Дж/(кг \cdot K)$ , в общем случае зависящие как от температуры, так и от массосодержания;  $\lambda$ ,  $k$  – коэффициенты тепло- и массопроводности,  $Дж/(с \cdot м \cdot K)$ ,  $м^2/с$ , также зависящие от температуры и массосодержания;  $Q_T$ ,  $Q_M$  – мощности объемных источников (стоков)

теплоты (массы) в твердой фазе, обусловленные фазовыми или химическими превращениями,  $Дж/(с \cdot м^3)$ ,  $кг/(с \cdot м^3)$ ;  $L$  – координата (половина толщины пластины, радиус цилиндра),  $м$ ;  $x$  – текущая координата,  $м$ ;  $\Gamma$  – геометрический фактор,  $\Gamma=0$  (для пластины);  $\Gamma=1$  (для цилиндра).

Начальными условиями к уравнениям (1) и (2) будут функции, определяющие поля температур и массосодержаний в материале в момент времени, принимаемый за начало отсчета:

$$\begin{aligned} t(x, \tau)|_{\tau=0} &= t_0(x); \\ u(x, \tau)|_{\tau=0} &= u_0(x). \end{aligned} \quad (3)$$

В качестве граничных условий применяются, как правило, условия третьего рода (заметим, что условия третьего рода явля-

$$\beta [u_{nc}(\tau) - u_c(\tau)]|_{x=L} - k\rho_0 \left[ \frac{\partial u(x, \tau)}{\partial x} + \delta_T \frac{\partial t(x, \tau)}{\partial x} \right] |_{x=L}. \quad (5)$$

Здесь  $\alpha$ ,  $\beta$  – соответственно коэффициенты тепло- и массообмена между материалом и средой (газовой или жидкой), Дж/(с·м<sup>2</sup>·К), м/с;  $\rho_0$  – плотность сухого материала, кг/м<sup>3</sup>;  $\delta_T$  – коэффициент термодиффузии, 1/К;  $u_{nc}$ ,  $u_c$  – массосодержание переносимого компонента в сплошной фазе, соответственно у поверхности раздела фаз и в объеме сплошной среды, кг/м<sup>3</sup>;  $t_c$  – температура окружающей среды.

Для математического моделирования и разработки инженерных методов расчета удобно приведение задачи (1)...(5) к безразмерным переменным и получение ре-

ются обобщающими и легко преобразуются к условиям первого или второго рода):

$$\alpha [t_c(\tau) - t(x, \tau)|_{x=L}] = \lambda \frac{\partial t(x, \tau)}{\partial x} |_{x=L}, \quad (4)$$

шений в виде зависимости безразмерных температур и массосодержаний от критериев подобия. Для случая постоянных теплофизических свойств и коэффициентов переноса возможности реализации системы уравнений (1)...(5) могут быть проиллюстрированы с помощью рис. 2 (иллюстрация расчетов по задаче теплопроводности с граничными условиями первого вида. Значения числа Фурье: 1) 0,001; 2) 0,01; 3) 0,1) и рис. 3 (иллюстрация к расчетам по задаче с граничными условиями второго вида. Значения числа Фурье: 1) 0,001; 2) 0,01; 3) 0,05; 4) 0,1;  $K_i=0,1 \uparrow$ ).

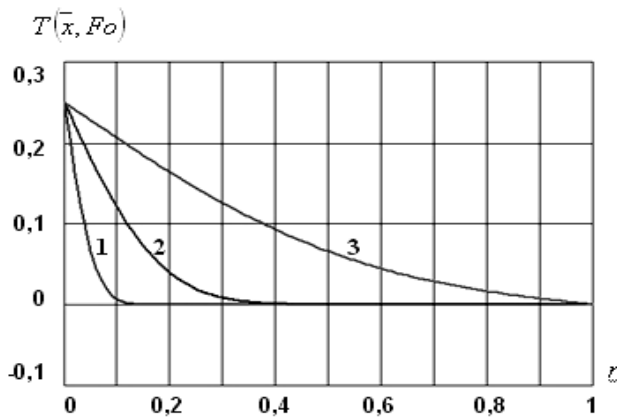


Рис. 2

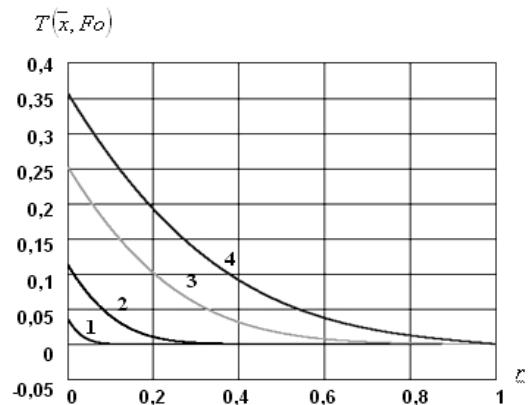


Рис. 3

Безразмерные величины и критерии подобия имеют следующий вид:

$$T(\bar{x}, Fo) = \frac{t(x, \tau) - t_0}{t_0}, \quad U(\bar{x}, Fo_m) = \frac{u(x, \tau) - u_0}{u_0}, \quad (6)$$

$$\bar{x} = \frac{x}{L}, \quad Fo = \frac{a\tau}{L^2}, \quad Fo_m = \frac{k\tau}{L^2}, \quad ki = \frac{qL}{\lambda t_0}.$$

Здесь  $F_0$ ,  $F_{0m}$  – соответственно тепло- и массообменный критерии Фурье;  $ki$  – тепловой критерий Кирпичева.

Традиционно [7], [9], [11] результаты подобных расчетов интерпретируются с точки зрения влияния теплофизических свойств материалов на динамику полей их температур и массосодержаний.



Однако отметим, что в современных нетрадиционных технологиях для придания текстильным материалам [10], грунтам и фундаментам [11] защитных свойств непроницаемости влаги и/или других химических агрессивных реагентов необходимо решать проблемы пропитки (пенетрации) целевого компонента во внутренние слои материала.

При этом иногда оказывается достаточно обработать только поверхностные слои материала на небольшую глубину, а иногда требуется и более глубинная пропитка. Тем не менее, во всех случаях основу математического моделирования процессов пропитки составляет уравнение (2).

Основываясь на изложенных теоретических представлениях, определены ключевые направления реализации проекта "Разработка научно-технических основ технологии наноструктурной модификации полимерно-неорганических композиционных материалов для легкой промышленности и строительной индустрии" в рамках проектной части государственного задания Минобрнауки РФ в сфере научной деятельности. Создание научно-технического задела для последующей разработки реализуемых в швейном производстве и строительной индустрии технологий получения и применения конструкционных и функциональных материалов с новыми или улучшенными эксплуатационными свойствами предполагается осуществить на базе использования структурно-модифицированных полимерно-неорганических композиционных материалов, плазменного модифицирования поверхности рулонных материалов и полимерцементных композитов, а также протекания 3D- полимеризационных процессов формирования межфазного слоя композиционных материалов с участием нанопоровой структуры волокнистого носителя и нанодисперсных минеральных добавок. В части экспериментальных исследований планируются:

– выявление закономерностей массопереноса армирующих полимерных композиций в структуре волокнистых материалов, обладающих развитой

системой микро- и мезопор, и термоблагодаримого формирования межфазного слоя полимерно-волокнистых композитов для достижения технологических эффектов тонкого регулирования упругодеформационных характеристик формируемых деталей швейных изделий;

– оценка эффективности массопереноса вязкой клеевой полимерной композиции в элементах поверхностной структуры гидрофобных поверхностей защитных текстильных материалов и макроотверстиях ниточных соединений;

– исследование температурного интервала при тепловой интенсификации процесса импрегнирования клеевой полимерной композиции в макроотверстиях соединений защитных материалов;

– изучение механизма и скорости массопереноса вязкой клеевой полимерной композиции при кратковременном температурном воздействии для формирования блокировки элементов перфорации, образованных при стачивании деталей защитных текстильных изделий;

– оценка надежности блокирующего эффекта для обеспечения непроницаемости для различных сред соединений защитных текстильных материалов разного способа производства;

– исследование физических и физико-химических процессов, происходящих при плазменном воздействии на отделочные строительные материалы;

– исследование влияния тлеющего разряда на гидрофильные, адгезионные и декоративные свойства рулонных стеновых материалов;

– исследование влияния тлеющего разряда на прочностные свойства рулонных стеновых материалов вследствие их возможной деструкции;

– оценка сохранности полученных эффектов от воздействия тлеющего разряда на материалы во времени;

– исследование влияния различных пропиточных материалов на адгезионные и физико-механические свойства бетонов со стекловидным покрытием.

1. *Кричевский Г. Е.* Химическая технология текстильных материалов: Учеб. для вузов в 3-х т. – Т.3. Заключительная отделка текстильных материалов. – М.: РосЗИТЛП, 2001.

2. *Владимирцева Е.Л., Шарнина Л.В., Циркина О.Г.* Заключительная отделка гидрофобных тканей. Решение проблем пропитки и фиксации аппрета // Швейная промышленность. – 2009, № 5. С. 49...54.

3. *Абдель-Бари Е.М.* Полимерные пленки: технологии производства, деструкция и стабилизация, применение и рециклинг / Пер. с англ. – СПб.: Профессия, 2005.

4. *Кербер М.Л., Виноградов В.М., Головкин Г.С. и др.* Полимерные композиционные материалы. Свойства, структура, технология / Под ред. Берлина А.А. – СПб.: Профессия, 2008.

5. *Федосов С.В., Мельников Б.Н., Акулова М.В. и др.* Применение тлеющего разряда в строительной и текстильной промышленности. – Иваново: ИГАСУ, 2008.

6. *Метелева О.В.* Теоретическое обоснование эффективного применения химических материалов при изготовлении защитных швейных изделий // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, № 4. С.109...113.

7. *Рудобахта С.П., Карташов Э.М.* Диффузия в химико-технологических процессах. – М.: Изд. КолосС, 2009.

8. *Баженов Ю.М.* Проектирование предприятий по производству строительных материалов и изделий. – М.: Изд. АСВ, 2005.

9. *Федосов С.В.* Тепломассопереносы в технологических процессах строительной индустрии. – Иваново: ПресСто, 2010.

10. *Федосов С.В., Щепочкина Ю.А., Акулова М.В. и др.* Современные методы отделки стеновых строительных материалов. – Иваново: ИГАСУ, 2012.

11. *Федосов С.В., Алоян Р.М., Ибрагимов А.М.* Промерзание влажных грунтов, оснований и фундаментов. – М.: Изд. АСВ, 2005.

1. *Krichevskij G. E.* Himicheskaja tehnologija tekstil'nyh materialov: Ucheb. dlja vuzov v 3-h t. – Т.3. Zakljuchitel'naja otdelka tekstil'nyh materialov. – М.: RosZITLP, 2001.

2. *Vladimirceva E.L., Sharnina L.V., Cirkina O.G.* Zakljuchitel'naja otdelka gidrofobnyh tkanej. Reshenie problem propitki i fiksacii appreta // Shvejna-ja promyshlennost'. – 2009, № 5. S. 49...54.

3. *Abdel'-Bari E.M.* Polimernye plenki: tehnologii proizvodstva, destrukcija i stabilizacija, primenenie i recikling / Per. s angl. – SPb.: Professija, 2005.

4. *Kerber M.L., Vinogradov V.M., Golovkin G.S. i dr.* Polimernye kompozicionnye materialy. Svojtva, struktura, tehnologija / Pod red. Berlina A.A. – SPb.: Professija, 2008.

5. *Fedosov S.V., Mel'nikov B.N., Akulova M.V. i dr.* Primenenie tlejushhego razrjada v stroitel'noj i tekstil'noj promyshlennosti. – Ivanovo: IGASU, 2008.

6. *Metel'eva O.V.* Teoreticheskoe obosnovanie jeffektivnogo primenija himicheskikh materialov pri izgotovlenii zashhitnyh shvejnyh izdelij // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2013, № 4. S.109...113.

7. *Rudobashta S.P., Kartashov Je.M.* Diffuzija v himiko-tehnologicheskikh processah. – М.: Izd. KolosS, 2009.

8. *Bazhenov Ju.M.* Proektirovanie predpriyatij po proizvodstvu stroitel'nyh materialov i izdelij. – М.: Izd. ASV, 2005.

9. *Fedosov S.V.* Teplomassoperenosa v tehnologicheskikh processah stroitel'noj industrii. – Ivanovo: PresSto, 2010.

10. *Fedosov S.V., Shhepochkina Ju.A., Akulova M.V. i dr.* Sovremennye metody otdelki stenovyh stroitel'nyh materialov. – Ivanovo: IGASU, 2012.

11. *Fedosov S.V., Aloj'an R.M., Ibragimov A.M.* Promerzanie vlazhnyh gruntov, osnovanij i fundamentov. – М.: Izd. ASV, 2005.

Рекомендована кафедрой строительного материаловедения, специальных технологий и технологических комплексов ИВГПУ. Поступила 18.05.15.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ МАССООТДАЧИ И МАССОПРОВОДНОСТИ ИЗ КРИВЫХ КИНЕТИКИ

### THE DETERMINATION OF MASS TRANSFER AND MASS CONDUCTIVITY COEFFICIENTS FROM THE KINETIC CURVES

С.П. РУДОБАШТА, М.К. КОШЕЛЕВА  
S.P. RUDOBASHTA, M.K. KOSHELEVA

(Российский государственный аграрный университет МСХА имени К.А. Тимирязева,  
Московский государственный университет дизайна и технологии)  
(Russian State Agrarian University named after K.A. Timiryazev,  
Moscow State University of Design and Technology)  
E-mail: rudobashta@mail.ru, oхtрaxt@yandex.ru

*Предложены новые методы определения коэффициентов массоотдачи и массопроводности процессов в системах с твердой фазой из кинетических кривых. Коэффициенты массопроводности определяются в зависимости от массосодержания распределяемого компонента методом, не требующим реализации внутридиффузионного кинетического режима, что существенно упрощает эксперимент. Проведен анализ кинетики промывки плотной шерстяной ткани от технологического загрязнения, определены коэффициенты массоотдачи и массопроводности, которые могут использоваться в кинетических расчетах процесса промывки тканей данной группы.*

*New methods of determining the mass transfer and mass conductivity coefficients of the processes in systems with solid phase from the kinetic curves were proposed. The coefficients of mass conductivity are determined depending on mass of the distributed component by the method which does not require of the implementation of internal diffusion kinetic regime, which greatly simplifies the experiment. The analysis of the kinetic of washing of the thick woolen cloth from the technological pollution was held, the coefficients of mass transfer and mass conductivity, which can be used in the calculation of the kinetics of process of washing fabrics of this group were determined.*

**Ключевые слова:** системы с твердой фазой, кинетика, методы определения коэффициентов массоотдачи и массопроводности, промывка плотной шерстяной ткани.

**Keywords:** systems with solid phase, kinetic, methods of determining the mass transfer and mass conductivity coefficients, washing of the thick woolen cloth.

Для расчета кинетики массообменных процессов в системах с твердой фазой (сушка, адсорбция, экстрагирование) необходимы данные по коэффициентам массоотдачи и массопроводности. В настоящее время эти коэффициенты находят опытным путем, что связано с опреде-

ленными трудностями. Отсутствие данных по ним затрудняет кинетический расчет. Сложность экспериментального определения этих коэффициентов связана с проблемой измерения локальных концентраций и с зависимостью коэффициента мас-

сопроводности от концентрации распределяемого вещества.

Для расчета коэффициента массоотдачи  $\beta_c$  из опытной кривой кинетики необходимо, чтобы процесс лимитировался внешней диффузией и чтобы была известна концентрация распределяемого вещества у поверхности тела. Такая ситуация имеет место, например, при конвективной сушке в первом периоде или при растворении твердого тела. В первом случае концентрация пара у поверхности твердой фазы может быть определена по температуре мокрого термометра, а во втором – как концентрация насыщенного раствора. В [1], [2] приведен зональный метод определения зависимости коэффициента массопроводности от концентрации распределяемого вещества в твердой фазе из кривой кинетики, который, однако, требует исключения внешнего диффузионного сопротивления. Известен метод определения коэффициента массопроводности из кривой кинетики – среднего по всему диапазону концентраций распределяемого вещества в твердой фазе, который нашел применение в технологии текстильных материалов [3], но он тоже должен реализовываться при числе Био массообменном  $Bi_m \rightarrow \infty$ .

Целью данной работы является разработка методов определения коэффициента массоотдачи и концентрационной зависимости коэффициента массопроводности из кривой кинетики процесса, не требующих в последнем случае выполнения условия отсутствия внешнего диффузионного сопротивления.

Кривая кинетики процесса в системе с твердой фазой, как правило, содержит два периода: первый период, в котором процесс лимитируется внешней диффузией, и второй период, в котором внутридиффузионное сопротивление оказывает влияние на кинетику процесса. Запишем уравнение массоотдачи для рассматриваемого процесса:

$$i_n = \beta_c (C_{c,п} - C_c), \quad (1)$$

где  $i_n$  – плотность потока распределяемого вещества,  $кг/(м^2 \cdot с)$ ;  $\beta_c$  – коэффициент массоотдачи,  $м/с$ ;  $C_{c,п}$ ,  $C_c$  – концентрация распределяемого вещества во внешней фазе соответственно у поверхности тела и в ядре потока,  $кг/м^3$ .

Плотность потока распределяемого вещества  $i_n$  у поверхности тела связана со скоростью процесса  $-(d\bar{u}/d\tau)$  соотношением:

$$i_n = -(d\bar{u}/d\tau)R_v\rho_0, \quad (2)$$

где  $\bar{u}$  – среднееобъемное массосодержание тела в момент времени  $\tau$ ;  $-(d\bar{u}/d\tau)$  – скорость процесса в момент времени  $\tau$ ,  $1/с$ ;  $R_v = V/F$  – отношение объема тела к его поверхности ( $R_v = R$  – для пластины,  $R/2$  – для цилиндра,  $R/3$  – для шара),  $м$ ;  $\rho_0$  – плотность абсолютно сухого материала,  $кг/м^3$ .

Пусть точка К разграничивает первый и второй периоды на кривой кинетики  $\bar{u}=f(\tau)$ . В первом периоде кинетики (до точки К на кривой кинетики) скорость процесса  $-(du/d\tau)_1 = N = const$ . Это означает, что процесс лимитируется внешней диффузией, причем у поверхности тела поддерживается постоянная концентрация распределяемого вещества, которая в случае сушки определяется температурой мокрого термометра, а в случае экстрагирования равна концентрации насыщенного раствора. Последнее следует из того, что в соответствии с уравнениями (1) и (2) постоянная скорость процесса может иметь место только при  $C_{c,п} = C_{нас} = const$ , где  $C_{нас}$  – концентрация насыщенного раствора,  $кг/м^3$ . В первом периоде кинетики  $u(x) \approx \bar{u}$  и интенсивность внутреннего массопереноса достаточна, чтобы у поверхности тела поддерживать концентрацию насыщения во внешней фазе. В точке К (критическая точка) начинается второй период кинетики, в котором в случае экстрагирования концентрация распределяемого вещества у поверхности тела становится меньше  $C_{нас}$  и при  $\tau \leq \tau_{кр}$  ( $\tau_{кр}$  – время достижения критического массосодержа-

ния) определяется функцией фазового концентрационного равновесия.

Для второго периода кинетики преобразуем правую часть уравнения массоотдачи (1), считая функцию концентрационного фазового равновесия линейной ( $u_p = A_p C_c$ ), к виду:

$$i_n = \beta_c (C_{c,n} - C_c) = \beta_c^* (u_n - u_p), \quad (3)$$

где  $A_p$  – коэффициент распределения;  $\beta_c^* = \beta_c / A_p$  – модифицированный коэффициент массоотдачи, кг/(м<sup>2</sup>·с).

Запишем для критической точки на основе (2) и (3) следующее равенство, обозначив скорость процесса в первом периоде  $-(d\bar{u} / d\tau) = N$  и приняв  $u_{n,кр} = \bar{u}_{кр}$ :

$$NR_{\sqrt{\rho_0}} = \beta_c^* (\bar{u}_{кр} - u_p), \quad (4)$$

откуда имеем:

$$\beta_c^* = \frac{NR_{\sqrt{\rho_0}}}{(\bar{u}_{кр} - u_p)}. \quad (5)$$

Уравнение (5) может быть использовано для определения модифицированного коэффициента массоотдачи  $\beta_c^*$  из кривой кинетики и далее – для нахождения его истинного значения  $\beta_c = \beta_c^* \cdot A_p$ .

Рассмотрим далее определение концентрационной зависимости коэффициента массопроводности из кривой кинетики. Внутренний массоперенос в твердой фазе может быть описан уравнением массопроводности (эффективной диффузии) [1]:

$$i = -k \rho_0 \frac{\partial u}{\partial n}, \quad (6)$$

где  $n$  – нормаль к изоконцентрационной поверхности, м.

Аналитическое решение дифференциального уравнения массопроводности для неограниченной пластины, бесконечного цилиндра и шара при равномерном начальном распределении массосодержа-

ния применительно к его среднеобъемному значению  $\bar{u}(\tau)$  при  $u_n, k, \beta_c^*, R = \text{const}$  имеет вид [1]:

$$\bar{E} = \sum_{n=1}^{\infty} B_n \exp\left(-\frac{\mu_n^2}{R^2} k \tau\right), \quad (7)$$

где  $B_n$  и  $\mu_n$  – коэффициенты, зависящие от формы тела и числа Био массообменного модифицированного  $Bi_m$ .

Ряд в решении (7) быстро сходится и, начиная с некоторого момента времени, наступает регулярный режим, для которого величина  $\bar{E}$  описывается первым членом ряда:

$$\bar{E} = B_1 \exp\left(-\frac{\mu_1^2}{R^2} k \tau\right), \quad (8)$$

в котором предэкспоненциальный множитель  $B_1$  является функцией числа  $Bi_m$  и формы тела, где

$$Bi_m = \frac{\beta_c^* R}{k \rho_0}. \quad (9)$$

Примем за начало отсчета второго периода точку  $K$  на кривой кинетики. Для нахождения концентрационной зависимости коэффициента массопроводности  $k = f(u)$  разбивают весь диапазон изменения массосодержания распределяемого вещества в твердой фазе от  $\bar{u}_{кр}$  до  $\bar{u}_k$  (где  $\bar{u}_k$  – конечное массосодержание на опытной кривой кинетики) на  $n$  интервалов (концентрационных зон), для каждого из которых находят значение этого коэффициента, используя решение (8), справедливое в регулярном режиме. Область регулярного режима процесса массопроводности применительно к среднеобъемной концентрации в телах разной формы исследована в [4], на основе этих исследований построены графики, позволяющие обоснованно выбирать концентрационные интервалы [1], [4]. Обозначив в  $i$ -й концентрационной зоне  $P_i = k_i \mu_{i,1}^2$ , выразим этот

сомножитель из уравнения (8), переобозначив  $V_1$  на  $V_1^*$ :

$$P_i = k_i \mu_{1,i}^2 = \frac{R^2}{\tau_i} \ln \frac{V_1^*}{\bar{E}_i}. \quad (10)$$

Решение (8) получено при условии, что начальная концентрация в теле равномерна, это справедливо только в 1-й концентрационной зоне, при этом  $V_1^* = V_1$ . Во второй и последующих зонах учет неравномерного начального распределения концентрации при зональном расчете приводит к условию  $V_1^* \approx \gamma_i V_1$ . В [1] приведены зависимости для поправочного коэффициента  $\gamma_i$ , учитывающего неравномерное начальное распределение концентрации во второй и последующих зонах.

Запишем далее характеристические уравнения решения (7) задачи массопроводности [1], заменив в них первые корни в концентрационных зонах  $\mu_{1,i}$  на выражения  $\mu_{1,i} = \sqrt{P_i/k_i}$ :

- пластина

$$\operatorname{ctg}(\sqrt{P_i/k_i}) = \frac{\rho_0 \sqrt{P_i k_i}}{\beta_c^* R}; \quad (11)$$

- цилиндр

$$\frac{J_0(\sqrt{P_i/k_i})}{J_1(\sqrt{P_i/k_i})} = \frac{\rho_0 \sqrt{P_i k_i}}{\beta_c^* R}; \quad (12)$$

- шар

$$\operatorname{tg}(\sqrt{P_i/k_i}) = \frac{\rho_0 \sqrt{P_i k_i}}{k_i \rho_0 - \beta_c^* R}, \quad (13)$$

где  $J_0, J_1$  – функции Бесселя первого рода, нулевого и первого порядка соответственно.

Таким образом, имеется четыре уравнения: (9), (10), одно из уравнений (11)...(13), зависимость  $\mu_{1,i} = \sqrt{P_i/k_i}$ , содержащие 4 неизвестных:  $V_{1,i}, P_i, \mu_{1,i}, k_i$ , что позволяет вычислить их при условии, что известны остальные величины, входящие в эти уравнения. Однако указанные уравнения алгебраически не разрешимы относительно искомых неизвестных, которые могут быть найдены только как корни уравнений. Предлагается следующая про-

цедура их нахождения: 1) задаются величиной  $V_1^*$  – в интервале  $\bar{E}_i < V_1^* \leq 1$ , 2) по уравнению (10) определяют  $P_i$ , 3) по одному из уравнений (11)...(13), соответствующему форме тела, находят значение  $k_i$  – как корень этих уравнений, 4) по соотношению (9) вычисляют  $V_{1,m}$ , 5) проверяют правильность задания  $V_1^*$ , при необходимости перезадают значение  $V_1^*$  и повторяют расчет – до совпадения предварительно принятых и найденных из расчета значений этого параметра.

Для иллюстрации предлагаемого метода определения кинетических коэффициентов  $\beta_c^*$  и  $k_i$  рассмотрим кинетическую кривую, полученную при промывке плотной шерстяной ткани в лабораторных условиях. Ткань имела поверхностную плотность  $\rho_n = 0,780 \text{ кг/м}^2$ , ширину 0,07 м, длину 0,5 м, толщину  $2R = 0,006 \text{ м}$ . Образец ткани фиксировался на направляющих роликах промывной установки в виде бесконечной петли. Линейная скорость перемещения петли, которая то погружалась в промывной раствор, то выходила из него, в опытах составляла 60 м/мин – как в промывной машине для плотных шерстяных тканей при соблюдении параметров технологического режима промывки [5...7]. Полученная экспериментальная кривая кинетики промывки типовой тонкосуконной шерстяной ткани (поверхностная плотность  $780 \text{ г/м}^2$ ) приведена на рис. 1.

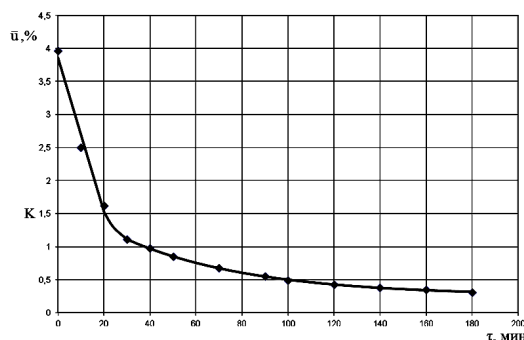


Рис. 1

Как видно из рис. 1, на первой стадии в течение 20 мин зависимость  $\bar{u} = f(\tau)$  линейна, что характерно и для промывки других

тканей [7], [8]. Это свидетельствует о том, что процесс контролируется внешней диффузией и, следовательно, подчиняется уравнению массоотдачи (1). Из этого участка кривой кинетики по уравнению (5) был найден модифицированный коэффициент массоотдачи:  $\beta_c^* = 0,60 \cdot 10^{-3}$  кг/(м<sup>2</sup>·с). Соответствующий ему истинный коэффициент массоотдачи равен:  $\beta_c = \beta_c^* A_p = \beta_c^* A_p \epsilon / \rho_0$ , где  $A_p$  – коэффициент распределения функции равновесия, у которой концентрация распределяемого вещества в твердой фазе отнесена к объему внутрипоро-

вой жидкости, (кг/м<sup>3</sup>)/(кг/м<sup>3</sup>);  $\epsilon$  – пористость твердой фазы, м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>. Принимая  $\epsilon=0,5$ ,  $\rho_0 = \rho_n / (2R) = 130$  кг/м<sup>3</sup>, получили:  $\beta_c = 0,23 \cdot 10^{-5}$  м/с, что согласуется по порядку величин со значениями коэффициентов массоотдачи в жидкой фазе [9].

Коэффициенты массопроводности определяли по приведенной выше методике, разбивая кривую кинетики при  $\bar{u} < \bar{u}_{кр}$  на интервалы, приведенные в табл. 1 (расчет коэффициента  $k$  зональным методом для плотной шерстяной ткани).

Таблица 1

Номер концентрационной зоны	1	2	3
$(\bar{u}_{н.и} - \bar{u}_{к.и}) \cdot 10^2$ , кг/кг с. м.	1,09-0,795	0,795-0,34	0,34-0,31
$\bar{E}_i$	0,643	0,444	0,605
$P_i \cdot 10^9$	3,315	3,22	2,00
$k_i \cdot 10^9$ , м <sup>2</sup> /с	1,69	1,62	1,39
$\mu_1$	1,401	1,410	1,200
$Vi_m$	8,19	8,71	2,10

Как видно из табл.1, коэффициент массопроводности имеет порядок  $10^{-9}$ , что согласуется по порядку величины со значениями этого коэффициента при экстрагировании целевых компонентов из твердой фазы [9]. С уменьшением концентрации загрязнений он несколько снижается. Это объясняется тем, что по мере развития процесса экстрагируются вещества, более прочно связанные со структурой тела. Величина числа  $Vi_m$  указывает на то, что в рассматриваемом процессе реализуется смешанно-диффузионный механизм массопереноса, при котором на скорость процесса влияют как внутреннее, так и внешнее диффузионные сопротивления. Более низкие значения величин  $k_i$  и  $Vi_m$  в третьей зоне объясняются также погрешностью вычислений из-за близости конечного массосодержания к равновесному значению.

## ВЫВОДЫ

1. Для массообменных процессов в системах с твердой фазой предложены методы определения коэффициентов массоотдачи и массопроводности (последнего в

функции от массосодержания распределяемого вещества) из кривой кинетики.

2. Метод определения  $k = f(\bar{u})$  из кривой кинетики не требует реализации внутридиффузионного кинетического режима, что существенно упрощает эксперимент.

3. Выполнен анализ кинетики промывки плотной шерстяной ткани, на основе которого получены данные по коэффициенту массоотдачи и массопроводности, показывающие "работоспособность" предложенных методов.

4. Показано, что при промывке плотной шерстяной ткани на скорость процесса влияют как внутреннее, так и внешнее диффузионные сопротивления.

5. Полученные данные по коэффициентам массопереноса могут быть использованы в кинетических расчетах.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Рудобаита С.П. Массоперенос в системах с твердой фазой. – М.: Химия, 1980.
2. Очев Э.Н., Рудобаита С.П., Плановский А.Н., Дмитриев В.М. Зональный метод определения зависимости коэффициента массопроводности от концентрации // Теоретические основы химической технологии. – 1975. Т. IX. № 4. С. 491...495.

3. Мельников Б.Н., Виноградова Г.И. Применение красителей. – М.: Химия, 1986.

4. Плановский А.Н., Рудобашта С.П., Кормильцин Г.С. Определение области регулярного режима в задачах массопроводности // Теоретические основы химической технологии. – 1972. Т. VI. № 3. С.459...462.

5. Кошелева М.К. Повышение производственной и экологической безопасности отделочного производства тонкосуконных фабрик за счет совершенствования технологии // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2005, №2. С. 100...105.

6. Кошелева М.К., Сучков А.Ф., Реутский В.А. Договор №17926/03 о продаже ЗАО "Московская тонкосуконная фабрика имени Петра Алексеева" лицензии на использование патента РФ №2100501 "Способ жидкостной обработки шерстяных тканей после крашения", 01.02.2003.

7. Кошелева М.К., Кереметин П.П., Булекова А.А., Наумов Д.А. Анализ плотных шерстяных тканей как объекта технологической обработки и интенсификация процесса их отделки // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2007, №2. С.118...121.

8. Кошелева М.К., Щеголев А.А., Шацких С.Н., Апалькова М.С. Интенсификация процессов промывки с наложением ультразвуковых полей // Изв.вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, №3. С.113...117.

9. Аксельруд А.А., Лысянский В.М. Экстрагирование. Система твердое тело-жидкость. – Л.: Химия, 1974.

tracii // Teoreticheskie osnovy himicheskoy tehnologii. – 1975. Т. IX. № 4. S. 491...495.

3. Mel'nikov B.N., Vinogradova G.I. Primenenie krasitelej. – М.: Himija, 1986.

4. Planovskij A.N., Rudobashta S.P., Kormil'cin G.S. Opredelenie oblasti reguljarnogo rezhima v zadachah massoprovodnosti // Teoreticheskie osnovy himicheskoy tehnologii. – 1972. Т. VI. № 3. S.459...462.

5. Kosheleva M.K. Povyshenie proizvodstvennoj i jekologicheskoy bezopasnosti otdelochnogo proizvodstva tonkosukonnyh fabrik za schet sovershenstvovanija tehnologii // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2005, №2. С. 100...105.

6. Kosheleva M.K., Suchkov A.F., Reutskij V.A. Dogovor №17926/03 o prodazhe ЗАО "Moskovskaja tonkosukonnaja fabrika imeni Petra Alekseeva" licenzii na ispol'zovanie patenta RF №2100501 "Sposob zhidkostnoj obrabotki sherstjanyh tkanej posle krashenija", 01.02.2003.

7. Kosheleva M.K., Keremetin P.P., Bulekova A.A., Naumov D.A. Analiz plotnyh sherstjanyh tkanej kak ob"ekta tehnologicheskoy obrabotki i intensifikacija processa ih otdelki // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2007, №2. S.118...121.

8. Kosheleva M.K., Shhjogolev A.A., Shackih S.N., Apal'kova M.S. Intensifikacija processov promyvki s nalozheniem ul'trazvukovyh polej // Izv.vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2012, №3. S.113...117.

9. Aksel'rud A.A., Lysjanskij V.M. Jekstragirovanie. Sistema tverdoe telo-zhidkost'. – L.: Himija, 1974.

#### REFERENCES

1. Rudobashta S.P. Massoperenos v sistemah s tverdoj fazoj. – М.: Himija, 1980.

2. Ochnev Je.N., Rudobashta S.P., Planovskij A.N., Dmitriev V.M. Zonal'nyj metod opredelenija zavisimosti kojefficienta massoprovodnosti ot koncen-

Рекомендована кафедрой процессов, аппаратов химической технологии и безопасности жизнедеятельности. Поступила 20.05.15.

УДК 631.22.018+631.248

### ДЕФОРМАЦИИ (СПЛЮЩИВАНИЕ) ОСТОВА ПОРИСТОЙ ПЕРЕГОРОДКИ ТРУБЧАТЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ ФИЛЬТРОВ

#### DEFORMATION (FLATTENING) OF THE SKELETON OF THE POROUS PARTITION OF TUBULAR TEXTILE FILTERS

*X.X. ГУБЕЙДУЛЛИН, И.И. ШИГАПОВ, А.В. ПОРОСЯТНИКОВ, С.С. ЛУКОЯНЧЕВ, О.С. КАМАЛДИНОВА, О.С. КРАСНОВА*

*KH.KH. GUBEYDULLIN, I.I. SHIGAPOV, A.V. POROSYATNIKOV, S.S. LUKOYANCHEV, O.S. KAMALDINOVA, O.S. KRASNOVA*

(Технологический институт (филиал)  
Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии им. П.А.Столыпина)  
(Institute of Technology (branch)  
of Ulyanovsk State Agricultural Academy named after Pyotr Stolypin)  
E-mail: tiugsha@gmail.com



*В практике водоподготовки применяется биохимическая очистка сточных вод от органических примесей путем окисления последних в аэротенках. Аэротенк – это бассейн, через который протекает загрязненная сточная вода. Снизу, по дну бассейна, подводится сжатый воздух, вдуваемый в толщу очищаемой жидкости аэротенка в виде мельчайших пузырьков. В результате этого происходит окисление органических примесей и их поглощение простейшими аэробными микроорганизмами с образованием активного ила.*

*В качестве таких распылителей (аэраторов) мы используем трубчатые текстильные фильтры. По мере накопления активный ил удаляется из аэротенков, но при этом остов (дырчатая труба), на который наматывается пористая перегородка трубчатого текстильного фильтра (ТТФ), подвергается сплющиванию от действия намоточного натяжения. В данной статье нами рассчитано допустимое внешнее давление фильтруемой жидкости (суспензии) на намотку.*

*In water treatment practice applied biochemical treatment of waste water from organic impurities by oxidation of the latter in the aeration tanks. The aeration tank is the pool, which flows through the contaminated waste water. Bottom on the bottom of the pool is supplied with compressed air injected into the interior of the cleaned fluid tank in the form of tiny bubbles. This results in the oxidation of organic impurities and their absorption by the elementary aerobic microorganisms with formation of activesludge.*

*As such nozzles (aerators) we use tubular textile filters. The accumulation of activated sludge is removed from aerotanks, but the skeleton (perforated pipe) on which is wound porous partition tubular textile filter (TTF), is exposed the flattening from the effect of the winding tension. In this paper we calculated the allowable external pressure of the filtered liquid (suspension) on the winding.*

**Ключевые слова:** трубчатые текстильные фильтры, аэротенки, пузырьки, распылители, пористость, намотка, суспензия.

**Keywords:** tubular textile filters, aeration tanks, bubbles, sprays, porosity, winding, suspension.

Остов (дырчатая труба), на который наматывается пористая перегородка трубчатого текстильного фильтра (ТТФ), может подвергаться сплющиванию от действия намоточного натяжения и внешнего давления фильтрующейся жидкости (суспензии). В этом случае сечение остова

(дырчатой трубы) приобретает очертание эллипса (рис. 1-а, штриховые линии). На рис. 1 показана деформация трубчатого текстильного фильтра: а) поперечное сечение; б) развертка пористой перегородки трубчатого текстильного фильтра.

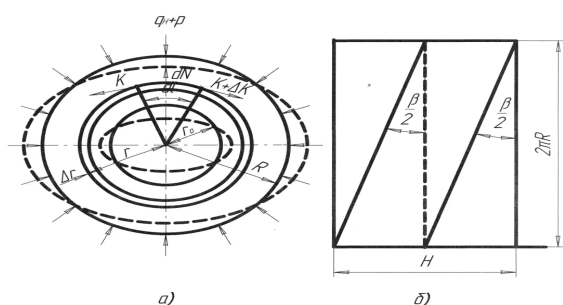


Рис. 1



Рис. 2

На рис. 2 показан характер деформаций пористой перегородки трубчатого текстильного фильтра.

Согласно В.П. Щербакову большое значение на характер распределения удельного давления в намотке играет упруговязкая деформация нити [4]. Считая в первом приближении нить идеальной и упругонерастяжимой, сила нормального давления элемента витка на намотку [5] может быть определена из формулы:

$$dN = K \cos^2 \frac{\beta}{2} df, \quad (1)$$

где  $K$  – натяжение нити при наматывании, Н;  $\frac{\beta}{2}$  – угол подъема витков (рис. 1-б);  $df$  – элементарный угол, соответствующий отрезку нити на поверхности намотки текущего радиуса  $r$ , рад.

Объем намотки элементарного кольца:

$$\Delta V = 2\pi r H \Delta r, \quad (2)$$

где  $r$  – текущий радиус намотки;  $H$  – высота намотки пористой перегородки,  $m^3$ ;  $\Delta r$  – толщина объемного слоя, м.

Масса нити в объемном слое намотки:

$$\Delta G = \gamma \Delta V \cdot 10^6 = 2\pi r H \Delta r \gamma \cdot 10^6, \text{ г}, \quad (3)$$

где  $\gamma$  – удельная плотность намотки,  $\frac{\text{г}}{\text{см}^3}$ .

Длина витка в объемном слое:

$$\ell = \frac{2\pi r}{\cos \frac{\beta}{2}}. \quad (4)$$

Масса одного витка:

$$g = \frac{\ell T}{1000} = \frac{2\pi r T}{10^3 \cos \frac{\beta}{2}}, \text{ г}, \quad (5)$$

где  $T$  – линейная плотность наматываемой нити, текс.

Число витков в объемном слое:

$$W = \frac{\Delta G}{g} = \frac{2\pi r H \Delta r \gamma \cdot 10^6 \cdot 10^3 \cos \frac{\beta}{2}}{2\pi r T},$$

$$W = \frac{\gamma H \Delta r \cdot 10^9}{T} \cos \frac{\beta}{2}. \quad (6)$$

Суммарное натяжение всех витков в объемном слое:

$$K_{\text{сум}} = KW = \frac{\gamma H \Delta r K \cdot 10^9}{T} \cos \frac{\beta}{2}, \text{ Н}. \quad (7)$$

Нормальная суммарная сила давления витков на намотку:

$$\Delta N = W dN = \frac{\gamma H \Delta r \cdot 10^9 K \Delta f}{T} \cos \frac{\beta}{2}. \quad (8)$$

Площадь под витками объемного элементарного слоя:

$$\Delta S = r H df, \text{ м}^2. \quad (9)$$

Величина удельного давления слоя намотки толщиной  $\Delta r$ :

$$\Delta q_H = \frac{\Delta N}{\Delta S} = \frac{\gamma H \Delta r \cdot 10^9 K df \cos^3 \frac{\beta}{2}}{Tr H df}, \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}. \quad (10)$$

Удельное давление внешних слоев намотки на остов (дырчатую трубу):

$$q_H = \int_{r_0}^R \frac{\gamma K \Delta r \cdot 10^9 \cos^3 \frac{\beta}{2}}{Tr} = \frac{\gamma K \cdot 10^9 \cos^3 \frac{\beta}{2}}{T} \int_{r_0}^R \frac{dr}{r},$$

$$q_H = \frac{\gamma K \cdot 10^9 \cos^3 \frac{\beta}{2}}{T} \ln \frac{R}{r_0}, \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}. \quad (11)$$

Если удельное давление выразить в сантиньютонах на  $1\text{см}^2$ :

$$q_H = \frac{\gamma K \cdot 10^5 \cos^3 \frac{\beta}{2}}{T} \ln \frac{R}{r_0}. \quad (12)$$

Пусть, например:  $\gamma = 0,26 \text{ г/см}^3$ ;  $K=50 \text{ сН}$ ;  $\beta=24^\circ$ ;  $T= 200 \text{ текс}$ ;  $R=6 \text{ см}$ ;  $r_0 =5,5 \text{ см}$ .

Тогда:

$$q_H = \frac{0,26 \cdot 50 \cdot 10^5 \cos^3 12^\circ}{200} = \ln \frac{6}{55} = 529,3, \frac{\text{сН}}{\text{см}^2}.$$

Общее удельное давление на ствол (остов) пористой перегородки:

$$q = q_H + P, \quad (13)$$

где  $P$  – внешнее давление фильтруемой жидкости (суспензии).

Очевидно, для исключения сплющивания остова [1], [2] (трубы) величина удельного давления  $q$  не должна превышать некоторой критической величины  $q_{кр}$ :

$$q \leq q_{кр}.$$

Величина критического удельного давления определяется по формуле [3]:

$$q_{кр} = \frac{Eh^2 \cdot 100}{4(1-\mu^2)r_0^3} \left( \frac{F - F_{отв}}{F} \right), \frac{\text{сН}}{\text{см}^2}, \quad (14)$$

где  $E$  – модуль упругости материала трубы первого рода,  $\frac{\text{Н}}{\text{см}^2}$ ;  $h$  – толщина стенок

трубы, см;  $r_0$  – внешний радиус трубы, см;  $\mu$  – коэффициент Пуассона;  $F$  – площадь поверхности трубы под намоткой,  $\text{м}^2$ ;  $F_{отв}$  – площадь отверстий, просверленных в трубе.

Если, например:  $E=10^5 \text{ Н/см}^2$ ;  $h= 0,5 \text{ см}$ ;  $\mu = 0,35$ ;  $r_0 = 5,5 \text{ см}$ ;  $F =2 \text{ м}^2$ ;  $F_{отв} =1 \text{ м}^2$ .

Тогда:

$$q_{кр} = \frac{10^5 \cdot 0,5 \cdot 100}{4(1-0,35^2) \cdot 5,5^3} \left( \frac{2-1}{2} \right) = 4280, \frac{\text{сН}}{\text{см}^2}.$$

Если сжимающее усилие в трубе больше предела пропорциональности материала, то критическое удельное давление рассчитывают с учетом предела текучести последнего [3].

Допустимое внешнее давление фильтруемой жидкости (суспензии) на намотку:

$$[P] = q_{кр} - q_H = 4280 - 529,3 = 3750,7, \frac{\text{сН}}{\text{см}^2}.$$

## ВЫВОДЫ

Давление внешних слоев намотки на внутренние слои, а также давление на намотку аэрируемой жидкости могут вызвать деформацию (сплющивание) основания (ствола) ТТФ, поэтому необходимо правильно рассчитывать остов трубчатых текстильных фильтров.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Губейдуллин Х.Х., Панин И.Н., Шигапов И.И., Поросятников А.В. Разработка и исследование фильтровальных перегородок плоских и трубчатых текстильных фильтров // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, №1. С.159...164.
2. Шигапов И.И., Кадырова А.М. // Аграрная наука. – 2012, №6. С. 30...32.
3. Губейдуллин Х.Х., Шигапов И.И., Панин А.И., Поросятников А.В., Лукоянчев С.С. Технологии и технические средства для очистки сточных вод // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, №2. С. 121...126.
4. Гафин М.М., Губейдуллин Х.Х., Шигапов И.И. Утилизация и комплексное использование жидких навозных стоков // Сельский механизатор. – 2014, №2 (60). С. 26...27.
5. Губейдуллин Х.Х., Исайчев В.А., Шигапов И.И. Механическая и биологическая очистка животноводческих ферм с применением спирально-винтовых механизмов // Научный вестник Технологического института (филиала) Ульяновской ГСХА им. П.А. Столыпина. – 2013, № 11. С. 113...116.
6. Shigapov I.I. Study of the air permeability of the porous barriers in tubular textile filters // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2004, № 2. С. 107...109.

## REFERENCES

1. Gubejdullin H.H., Panin I.N., Shigapov I.I., Porosjatnikov A.V. Razrabotka i issledovanie fil'troval'nyh peregorodok ploskih i trubchatyh tekstil'nyh fil'trov // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2015, №1. S. 159...164.
2. Shigapov I.I., Kadyrova A.M. // Agrarnaja nauka. – 2012, №6. S. 30...32.
3. Gubejdullin H.H., Shigapov I.I., Panin A.I., Porosjatnikov A.V., Lukojanchev S.S. Tehnologii i tehicheskie sredstva dlja ochistki stochnyh vod // Izv.

vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2015, №2. S. 121...126.

4. Gafin M.M., Gubejdullin H.H., Shigapov I.I. Utilizacija i kompleksnoe ispol'zovanie zhidkih navoznyh stokov // Sel'skij mehanizator. – 2014, №2 (60). S.26....27.

5. Gubejdullin H.H., Isajchev V.A., Shigapov I.I. Mehanicheskaja i biologicheskaja ochildka zhivotnovodcheskih ferm s primeneniem spiral'no-vintovyh mehanizmov // Nauchnyj vestnik Tehno-

logicheskogo instituta (filiala) Ul'janovskaoj GSNA im. P.A. Stolypina. – 2013, № 11. S. 113...116.

6. Shigapov I.I. Study of the air permeability of the porous barriers in tubular textile filters // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2004, № 2. S. 107...109.

Рекомендована кафедрой технологии производства, переработки и экспертизы продукции АПК. Поступила 30.09.15.

---

УДК 677.022:19.86

**КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ  
ДЛИНЫ И ТОНИНЫ ВОЛОКОН ШЕРСТИ В ТОПСЕ И ЛЕНТЕ  
НА ОСНОВЕ ДАННЫХ НАТУРНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ**

**A COMPUTER MODELING  
OF FIBER'S LENGTH AND FINENESS IN TOPS AND SLIVER BASED  
ON EXPERIMENTAL DATAS**

*П.А.СЕВОСТЬЯНОВ, К.В.ОРДОВ, Е.И.БИТУС, Т.А.САМОЙЛОВА, В.В. МОНАХОВ*  
*P.A. SEVOSTYANOV, K.V.ORDOV, E.I. BITUS, T.A.SAMOYLOVA, V.V. MONAKHOV*

(Московский государственный университет дизайна и технологии,  
Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова,  
Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского)  
(Moscow State University of Design and Technology,  
Plekhanov Russian University of Economics,  
Moscow State University of Technologies and Management named after K.G. Razumovskiy)  
E-mail: petrsev46@yandex.ru

*В статье предложена компьютерная модель преобразования в технологическом процессе распределений таких характеристик волокон, как длины и тонины. Применение модели продемонстрировано на примере реальных данных для волокон шерсти.*

*The paper proposed a computer model of transformation in the technological process of the distributions of such characteristics of the fibers, as length and fineness. Application of the model is demonstrated using real data for wool fibers.*

**Ключевые слова:** характеристики волокон, распределения, корреляция, статистическое моделирование, волокна шерсти.

**Keywords:** fiber's characteristics, distributions, correlation, statistical modeling, wool fibers.

В исследованиях авторов [1...3] было установлено, что при изучении изменений характеристик волокон, например, таких, как длина и тонина, в составе волокнистого материала на разных переходах пря-

дельного производства необходимо учитывать взаимную корреляцию этих характеристик. Эффективным способом контроля изменений в волокнистом материале является получение распределений значе-

ний этих характеристик волокон после технологического перехода в промежуточных продуктах производства [3], [4]. К сожалению, даже автоматизированные средства измерения не позволяют оценивать

двумерные распределения [6], [7]. Поэтому был разработан метод такой оценки по одномерным распределениям и известным коэффициентам корреляции.

Т а б л и ц а 1

Топс						Лента					
SamD	Масса, г	%	Diam mean	Diam CV	Num Fibres	SamD	Масса, г	%	Diam mean	Diam CV	Num Fibres
0-10	0,003	0,65	26,81	47,59	703	0-10	0,006	0,50	28,31	49,21	1179
10-20	0,013	2,80	27,33	49,84	1038	10-20	0,007	0,59	26,51	45,53	2069
20-30	0,014	3,01	29,27	48,1	1073	20-30	0,023	1,93	26,02	42,31	3329
30-40	0,021	4,52	32,16	46,52	1679	30-40	0,037	3,10	26,79	42,29	3187
40-50	0,022	4,73	28,17	44,12	1640	0-50	0,027	2,27	26,38	39,12	3684
50-60	0,027	5,81	29,72	45,59	1399	50-60	0,03	2,52	28,17	40,65	2140
60-70	0,027	5,81	27,88	44,01	2994	60-70	0,041	3,44	25,97	37,70	3836
70-80	0,025	5,38	27,64	43,49	2174	70-80	0,036	3,02	25,98	37,45	4104
80-90	0,036	7,74	28,82	42,92	2247	80-90	0,049	4,11	25,44	34,51	3764
90-100	0,042	9,03	30,29	39,48	2534	90-100	0,051	4,28	26,60	34,85	4104
100-110	0,042	9,03	27,92	38,61	1343	100-110	0,033	2,77	26,96	36,02	3340
110-120	0,038	8,17	29,49	36,93	2310	110-120	0,041	3,44	25,12	33,20	4358
120-130	0,031	6,67	29,34	39,84	2873	120-130	0,035	2,94	26,72	34,24	3825
130-140	0,02	4,30	31,41	39,03	2164	130-140	0,037	3,10	25,38	34,67	3630
140-150	0,023	4,95	36,18	38,25	851	140-150	0,029	2,43	25,10	36,06	3385
150-160	0,012	2,58	33,29	38,42	1441	150-160	0,031	2,60	26,57	35,98	2346
160-170	0,009	1,94	33,91	41,73	1335	160-170	0,017	1,43	28,12	37,45	2852
170-180	0,007	1,51	32,6	39,6	1194	170-180	0,006	0,50	25,08	34,57	1753
180-190	0,004	0,86	40,1	34,71	547	180-190	0,01	0,84	34,12	38,48	1156
190-200	0,006	1,29	28,69	43,26	2375	190-200	0,002	0,17	34,13	35,01	985
200-210	0,006	1,29	32,32	42,95	786	200-210	0,006	0,50	34,96	37,33	779
210-220	0,006	1,29	28,67	40,46	623	210-220	0,002	0,17	36,65	38,17	177
220-230	0,003	0,65	32,58	40,06	509	220-230	0,002	0,17	38,71	35,80	459
230-240	0,012	2,58	28,57	38,57	1686	230-240	0,003	0,25	27,96	42,67	572
240-250	0	0,00	0	0	0	240-250	0,003	0,25	24,01	40,02	2615
250-260	0,006	1,29	23,61	44,9	700	250-260	0,032	2,68	23,61	44,9	700
Общая масса, г	0,01	2,15				Общая масса, г	1,192	100%			64328

В качестве исходного материала для моделирования двумерных распределений использовались данные по волокнам шерсти для волокнистого материала в топсе и кардной ленте. Технологическая цепочка включала чесальную машину Тибо, ленточные машины GC15, гребнечесальные машины фирмы Schlumberger (France), модель ERA, тип LM. Эти данные были получены с помощью автоматического анализатора OFDA-4000 и содержат информацию в виде одномерных распределений волокон по тонине, длине волокон и некоторым другим характеристикам. Оценки одномерных распределений выводятся анализатором в виде дискретных значений, разнесенных по интервалам, то есть в виде гистограмм. В табл. 1 приведены экспери-

ментальные данные длины и тонины волокон шерсти в топсе и ленте после чесальной машины. Результаты измерений позволили также получить оценки коэффициентов корреляции между длиной и тониной волокон для тех же волокнистых продуктов. Эта информация дала возможность построить приближенные оценки двумерных распределений волокон по длине и тонине.

Были разработаны алгоритм и его программная реализация для статистического моделирования на компьютере массивов случайных чисел, которые максимально точно воспроизводили заданные гистограммами законы распределения. Затем по имеющимся гистограммам результатов натуральных экспериментов по измерению

длины и тонины волокон и известным коэффициентам корреляции вычислялись коэффициенты линейного преобразования случайных чисел, в результате которого преобразованные значения становились некоррелированными. В соответствии с этими законами распределения моделировались массивы случайных чисел, которые затем подвергались обратному линейному преобразованию. В итоге получались числовые данные, которые представляли собой массивы случайных чисел, имевших коэффициент корреляции и одномерные распределения, совпадающие с имеющимися оценками длины и тонины волокон по натурным экспериментам.

Примеры работы алгоритма и программ, выполненные на приведенных в табл. 1 данных, показаны на рис.3 и 4 в виде двумерных гистограмм распределения длины и тонины волокон для топса и ленты после чесальной машины. Получение таких двумерных распределений позволяет технологу весьма точно представить особенности технологического процесса для конкретного перехода. Этой информации достаточно, чтобы внести коррективы в

настройки оборудования и повысить эффективность процесса. Уменьшаются потери доброкачественных, прядомых волокон, и повышается выход угаров и других отходов, непригодных для дальнейшей переработки по данной технологической цепочке волокон.

Оценка коэффициента корреляции для модели топса равна 0,048. При таком низком коэффициенте корреляции значения тонины и длины практически независимы, и двумерное распределение может быть получено как произведение одномерных распределений. Модельное одномерное распределение длины волокон в топсе приведено на рис. 1 (число волокон увеличено пропорционально модельному количеству  $10^5$  значений). Одномерное распределение волокон по тонине в топсе показано на рис. 2 (модельное распределение тонины (диаметра) для топса для  $10^5$  волокон). Двумерные модельные распределения этих двух характеристик волокон в топсе и в ленте, смоделированные по табличным данным, изображены соответственно на рис. 3 и рис. 4.

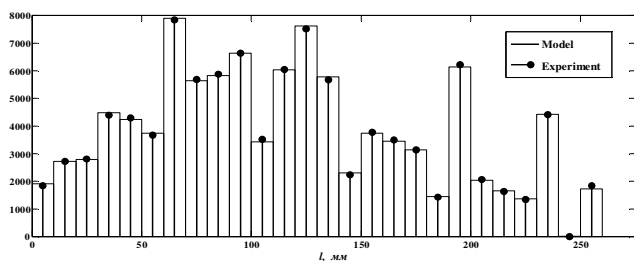


Рис. 1

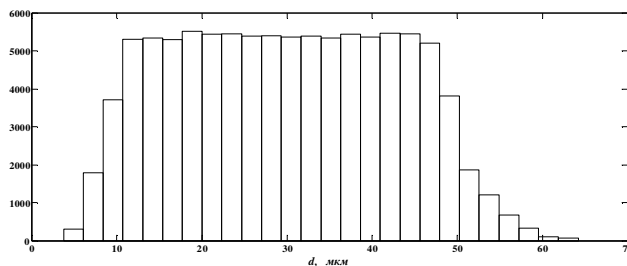


Рис. 2

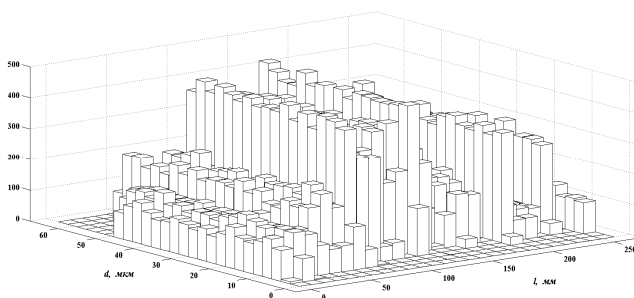


Рис. 3

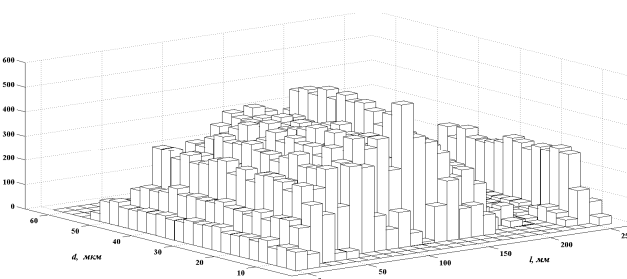


Рис. 4

Как известно [3], информация о распределении волокон по длине служит основой для настройки чесальных машин с

целью оптимального разделения волокон на прочес и очес. Простейшим правилом рассортировки может быть следующее:

волокна короче  $L_1$  – все в очес; волокна, длиннее,  $L_2$ , – все в прочес. Остальные – чем ближе длина к  $L_1$ , тем вероятнее в очес; чем ближе длина к  $L_2$ , тем вероятнее

в прочес. Примем  $L_1 = 20$  мм,  $L_2 = 60$  мм. На рис. 5 приведены гистограммы длины очеса (а) и прочеса (б).

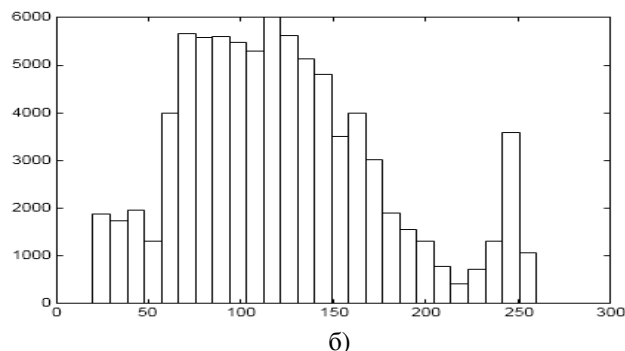
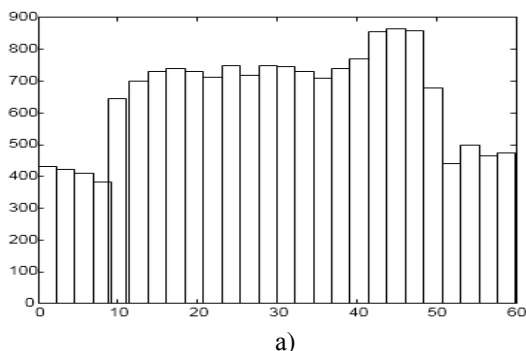


Рис. 5

## ВЫВОДЫ

Приведены результаты обработки данных натурного эксперимента по тонине и длине волокон шерсти в топсе и ленте. С помощью разработанного алгоритма и его программной реализации получены двумерные распределения волокон, учитывающие оценку корреляции между этими характеристиками волокон. Результаты моделирования позволили получить гистограммы длин волокон при разделении волокнистого потока на прочес и очес в соответствии с принятым правилом рассортировки.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Севостьянов П.А. Компьютерные модели в механике волокнистых материалов. – М.: "Тисо Принт", 2013.
2. Битус Е.И. Моделирование рассортировки волокон шерсти по длине при гребнечесании с учетом их разрыва // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2002, №6. С.28...32.
3. Битус Е.И. Компьютерное моделирование и оптимизация процессов формирования гребенной ленты в шерстопрядении. – М.: Информ-Знание, 2007.
4. Гусев Б.Н. Разработка методов получения диагностической информации в прядильном производстве: Дис.... докт. техн. наук. – Иваново, 1990.
5. Севостьянов П.А. Компьютерное моделирование технологических систем и продуктов прядения. – М.: Информ-Знание, 2006.
6. Самойлова Т.А., Севостьянов П.А. Сравнение критериев оптимальной настройки системы

регулирования процессов рыхления и очистки // Дизайн и технологии. – 2014, №44 (86). С.83...87.

7. Самойлова Т.А., Севостьянов П.А., Ветрова О.А., Булыга В.В. Динамическая модель процесса рыхления и очистки волокнистого материала как объекта автоматического управления // Дизайн и технологии. – 2014, №40 (82). С.73...78.

## REFERENCES

1. Sevost'janov P.A. Komp'juternye modeli v mehanike voloknistyh materialov. – M.: "Tiso Print", 2013.
2. Bitus E.I. Modelirovanie rassortirovki volokon shersti po dline pri grebnechesanii s uchetom ih razryva // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2002, №6. S.28...32.
3. Bitus E.I. Komp'juternoe modelirovanie i optimizacija processov formirovanija grebennoj lenty v sherstoprjadении. – M.: Inform-Znanie, 2007.
4. Gusev B.N. Razrabotka metodov poluchenija diagnosticheskoy informacii v prjadil'nom proizvodstve: Dis.... dokt. tehn. nauk. – Ivanovo, 1990.
5. Sevost'janov P.A. Komp'juternoe modelirovanie tehnologicheskikh sistem i produktov prjadения. – M.: Inform-Znanie, 2006.
6. Samojlova T.A., Sevost'janov P.A. Sravnenie kriteriev optimal'noj nastrojki sistemy regulirovanija processov ryhlenija i ochistki // Dizajn i tehnologii. – 2014, №44 (86). S.83...87.
7. Samojlova T.A., Sevost'janov P.A., Vetrova O.A., Bulyga V.V. Dinamicheskaja model' processa ryhlenija i ochistki voloknistogo materiala kak ob"ekta avtomaticheskogo upravlenija // Dizajn i tehnologii. – 2014, №40 (82). S.73...78.

Рекомендована кафедрой автоматизированных систем и обработки информации и управления. Поступила 25.05.15.



## АНАЛИЗ НАПРАВЛЕННОСТИ УГЛЕРОДНЫХ ВОЛОКОН В РЕАЛЬНЫХ НЕТКАНЫХ СТРУКТУРАХ ТЕХНИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

### ANALYSIS OF CARBON FIBER ORIENTATION IN REAL NONWOVEN STRUCTURES OF TECHNICAL PURPOSES

С.В. ЕРШОВ, Е.Н. КАЛИНИН, Т. ТИДТ  
S.V. ERSHOV, E.N. KALININ, T. TIEDT

(Ивановский государственный политехнический университет. Текстильный институт,  
Институт текстильной техники Технического университета г. Ахена (Германия))  
(Ivanovo State Polytechnical University. Textile Institute,  
Institut für Textiltechnik of RWTH Aachen University (Germany))  
E-mai: ttp@ivgpu.com

*В статье представлены результаты анализа физических образцов углеродных нетканых структур технического назначения средствами разработанного нами программного комплекса для определения направленности волокон в нетканых материалах. Для исследуемых образцов определены: направление волокон, коэффициент анизотропии, средний угол и величина отклонения от среднего значения для направленности волокон. На основе полученных данных сделан вывод об эффективности применения разработанного нами программного комплекса для прогнозирования функциональных параметров вновь разрабатываемых нетканых структур.*

*The article presents the results of the analysis of physical models of nonwoven carbon structures of technical designation means we have developed proprogram complex for determining the orientation of fibers in nonwovens. For the test samples are determined: the direction of the fibers, the coefficient anisotropy, and the average angle of deviation from the mean value for the in-focus lock. Based on these results it was concluded that the effectiveness of time-worked our software for the prediction of functional parameters of newly developed nonwoven structures.*

**Ключевые слова:** углеродные нетканые структуры технического назначения, направленность волокон, метод анализа изображений.

**Keywords:** nonwoven structures of technical purposes, fiber orientation, image analysis.

Точность и достоверность представленных результатов анализа программно сгенерированных образцов нетканых структур с заданными параметрами расположения волокон позволили использовать разработанный нами программный комплекс [1], [2] для исследования физических образцов углеродных нетканых структур технического назначения. Однако их реальные изображения, получаемые с помощью цифровых камер, сканеров, оптических или цифровых микроскопов, пред-

ставляют собой полноцветные изображения, в которых довольно часто не используется весь диапазон значений интенсивностей, присутствуют искажения яркости и ее неравномерность. Все это отрицательно отражается на качестве визуальных данных и в большинстве случаев не позволяет четко выделить линии волокон в нетканой структуре [3], [4].

Поэтому для анализа изображений реальных образцов нетканой структуры дополнительно нами разработан алгоритм их

предварительной обработки с целью максимально четкого выделения линий волокон. Процедура обработки включала в себя следующую последовательность действий. Полноцветное изображение нетканой структуры конвертировалось в полутоновое изображение, представляющее плавный переход от черного через серый к белому. При этом волокна, которые образуют структуру нетканого материала, представлялись светлыми линиями на темном фоне. Затем настраивались параметры контрастности, яркости и резкости полутонового изображения с целью разделения волокон и усиления четкости их границ на общем фоне.

Описанная процедура коррекции изображений достигнута с использованием функций MATLAB [5], на основе которых нами создан программный блок, позволивший реализовать процесс обработки изображений автоматически при загрузке их параметров в разработанный нами программный комплекс для определения направления волокон в нетканом материале. Для коррекции изображений нетканого

материала применяется следующая последовательность процедур:

```
>> G=rgb2gray(f); % Преобразование оригинального изображения нетканого материала f в полутоновое изображение G
>> Q=imadjust(G); % Изменение контрастности полутонового изображения нетканого материала G
>> H = fspecial('unsharp',1); % Создание фильтра H для коррекции параметров яркости и резкости
>> L = imfilter(Q,H,'replicate'); % Применение фильтра H к изображению Q
>> imshow(L) % Вывод на экран обработанного изображения нетканого материала
```

На рис. 1-а, б и в представлено преобразование оригинального изображения нетканой структуры  $f$  (а) в полутоновое изображение с увеличенной контрастностью  $Q$  (б) и финальное изображение  $L$  после применения фильтра коррекции параметров яркости и резкости (в).

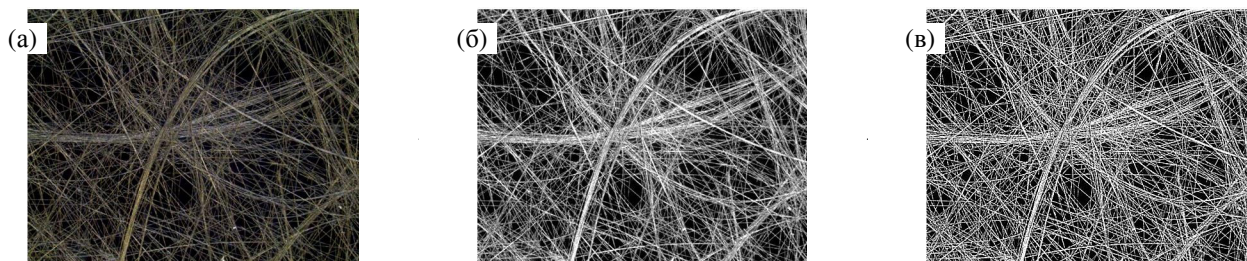


Рис. 1

Таким образом, переходя к анализу [6] углеродных нетканых структур технического назначения, нами проведено исследование трех образцов нетканого материала из углеродных волокон. В процессе производства структура исследуемых нетканых материалов была сформирована аэродинамическим методом. Используя оптический микроскоп высокого разрешения, нами были получены цифровые изображения каждого образца нетканой структуры и для каждого образца сделаны по три изображения из трех различных областей исследуемой нетканой структуры со-

ответственно (рис. 2). Для реализации процедуры анализа параметры полученных изображений были загружены в разработанный нами программный комплекс для определения направленности волокон в нетканых материалах и автоматически обработаны в соответствии с описанным выше алгоритмом. Направленность волокон была определена для каждого изображения, а затем вычислено среднее значение по трем изображениям для каждого образца углеродной нетканой структуры (рис. 3...5-А).

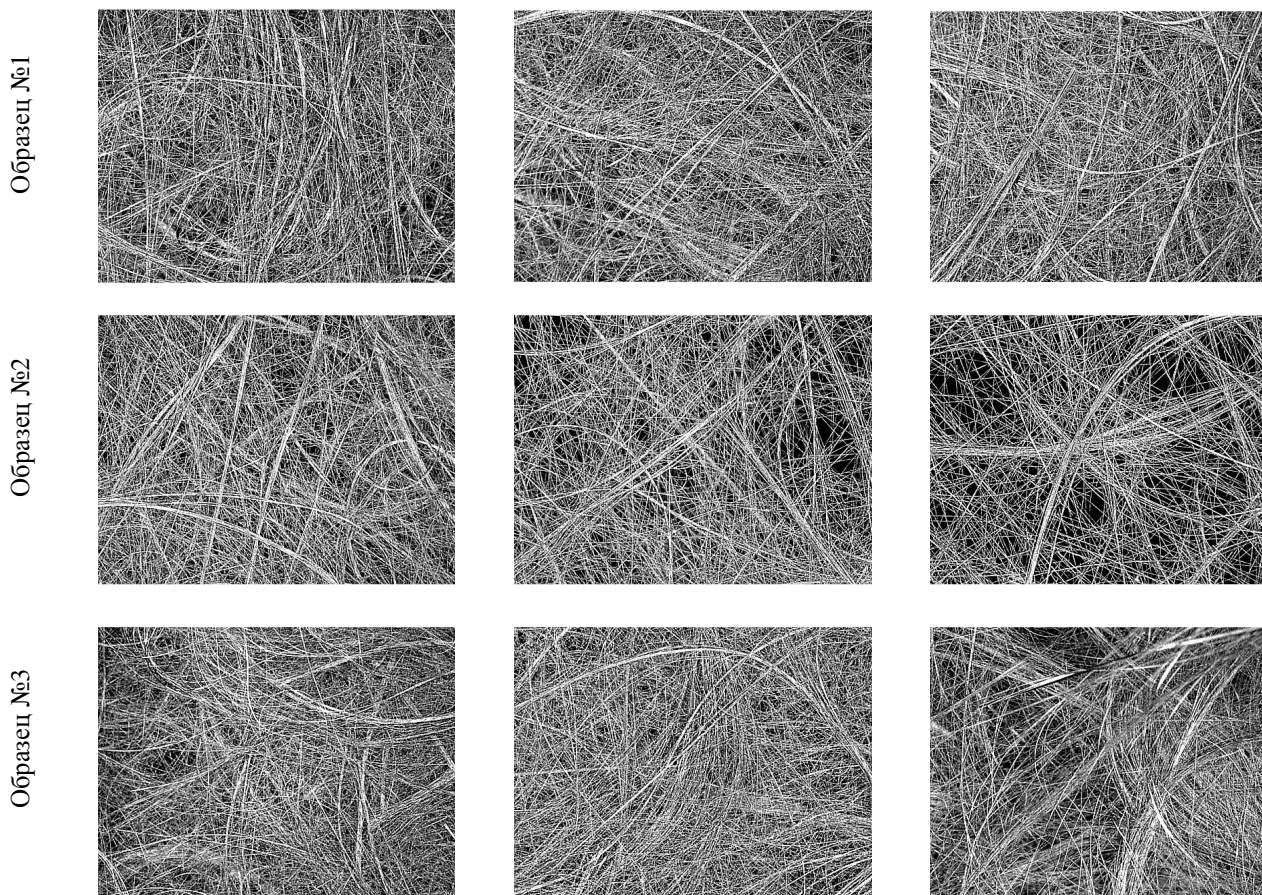


Рис. 2

Как видно из рис. 3...5-А, распределение волокон для образцов №1, 2 и 3 не имеет ярко выраженных вершин, что свидетельствует о равномерном распределении волокон в структуре нетканого материала под углами в диапазоне от 0 до 180°, то есть исследуемые образцы нетканого материала имеют структуру, близкую к изотропной, с одинаковыми физическими свойствами во всех направлениях. А так как изотропная структура нетканого полотна, полученного в результате процесса производства, является главной особенностью ее формирования аэродинамическим методом, результаты анализа исследуемых образцов из углеродных волокон с высокой степенью точности позволяют характеризовать и технологический процесс их производства.

Для определения величины угла  $\mu$ , являющегося средним значением в направлении волокон для исследуемых образцов

нетканого материала, и величины отклонения от среднего значения  $\sigma$  [1] нами использован пакет Fitting Distribution Toolbox системы MATLAB [5]. Загружая в Fitting Distribution Toolbox данные о направлении волокон, полученные в результате анализа изображений углеродных нетканых структур, нами построены графики их нормального распределения в зависимости от угла (рис. 3...5-Б). Графики описываются следующей функцией, из которой определяются величины  $\mu$  и  $\sigma$ :

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}. \quad (1)$$

Численные значения результатов анализа реальных образцов углеродных нетканых структур технического назначения приведены в табл.1.

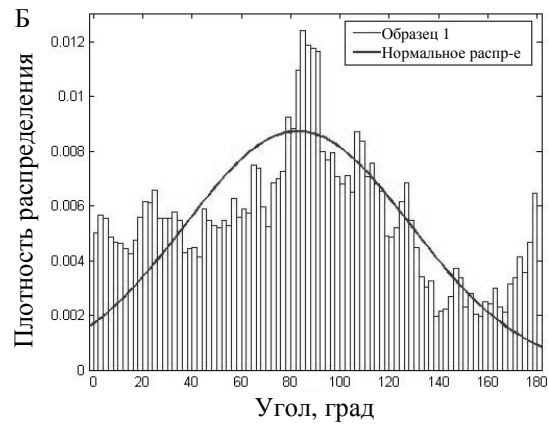
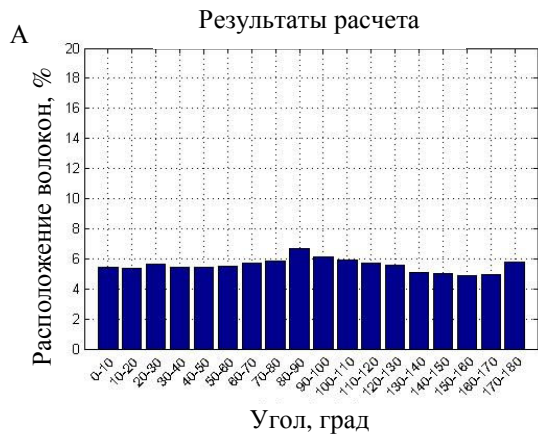


Рис. 3

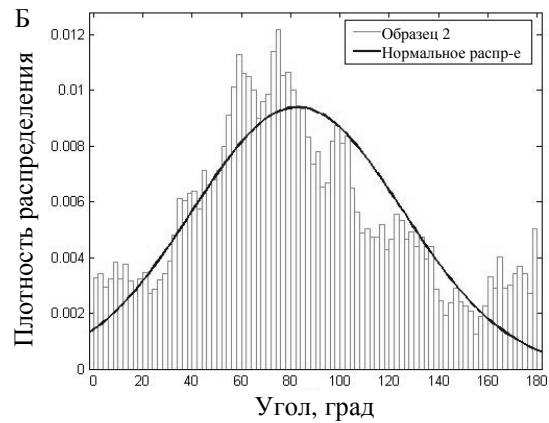
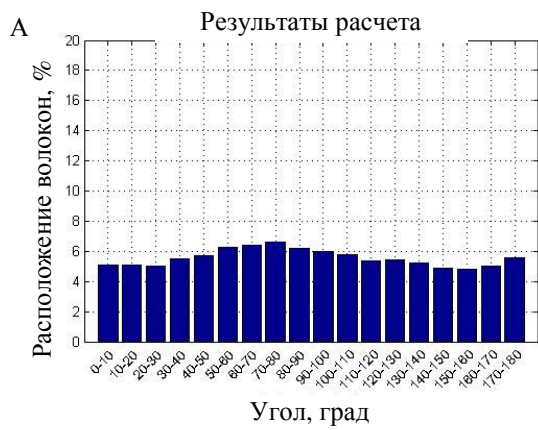


Рис. 4

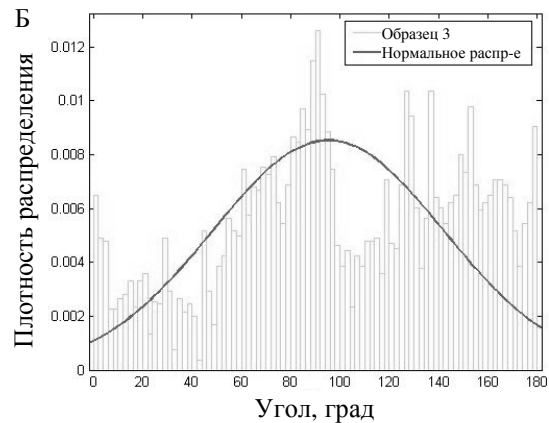
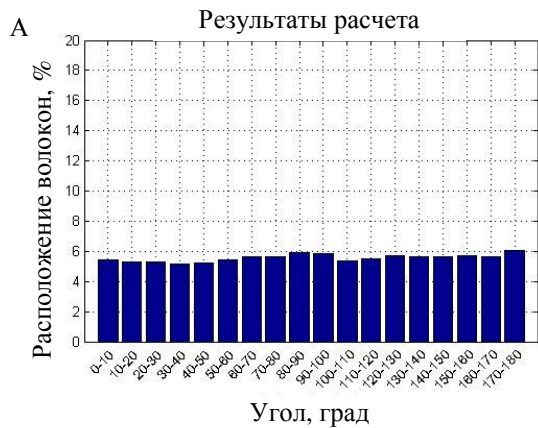


Рис. 5

Таблица 1

Изображение нетканого материала	Направленность волокон		Максимальное значение распределения волокон, %	Минимальное значение распределения волокон, %	Коэффициент анизотропии
	среднее значение, град	отклонение от среднего значения, град			
Образец №1	82,9	45,71	6,65	4,88	1,36
Образец №2	82,81	42,46	6,63	4,78	1,39
Образец №3	95,22	46,75	6,08	5,18	1,17

## ВЫВОДЫ

Таким образом, результаты проведенного нами анализа физических образцов углеродных нетканых структур позволяют сделать вывод об эффективности применения разработанного нами программного комплекса для определения направленности волокон в работе с неткаными структурами, а полнота выходных данных дает возможность дальнейшего достоверного прогноза физико-механических свойств мультиаксиальной структуры синтезированной нетканой волокнистой матрицы композиционного материала.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Ершов С.В., Калинин Е.Н., Тидт Т.* Определение направленности волокон в углеродных нетканых структурах средствами преобразования Фурье // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2014, №6. С. 105...110.
2. *Ершов С.В., Калинин Е.Н.* Разработка программного комплекса для анализа направленности волокон в углеродных нетканых структурах // Вестник Череповецкого государственного университета. – Череповец: ЧГУ, 2015, №1. С. 12...17.
3. *Stolyarov O., Kravaev P., Seide G., Gries T.* Influence of Process Parameters on Filament Distribution and Blending Quality in Commingled Yarns Used for Thermoplastic Composites // Journal of Thermoplastic Composite Materials. – 2014, №27 (3). P. 350...363.
4. *Stolyarov O., Kravaev P., Seide G., Gries T.* A method for investigating blending quality of commingled yarns // Textile Research Journal. – 2013, №83 (2). P. 122...129.
5. *Gonzalez R.C., Woods R.E., Eddins S.L.* Digital Image Processing Using MATLAB. – Dorsing Kindersley, 2004.

6. *Королёв П.В., Калинин Е.Н., Шилов М.А.* Визуализация процесса взаимодействия компонентов нанокompозита методами молекулярного моделирования // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2014, №2. С. 148...151.

## REFERENCES

1. *Ershov S.V., Kalinin E.N., Tidt T.* Opredelenie napravlenosti volokon v uglerodnyh netkanyh strukturah sredstvami preobrazovanija Fur'e // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2014, №6. S. 105...110.
2. *Ershov S.V., Kalinin E.N.* Razrabotka programmnoho kompleksa dlja analiza napravlenosti volokon v uglerodnyh netkanyh strukturah // Vestnik Cherepoveckogo gosudarstvennogo universiteta. – Cherepovec: ChGU, 2015, №1. S. 12...17.
3. *Stolyarov O., Kravaev P., Seide G., Gries T.* Influence of Process Parameters on Filament Distribution and Blending Quality in Commingled Yarns Used for Thermoplastic Composites // Journal of Thermoplastic Composite Materials. – 2014, №27 (3). P.350...363.
4. *Stolyarov O., Kravaev P., Seide G., Gries T.* A method for investigating blending quality of commingled yarns // Textile Research Journal. – 2013, №83 (2). P. 122...129.
5. *Gonzalez R.C., Woods R.E., Eddins S.L.* Digital Image Processing Using MATLAB. – Dorsing Kindersley, 2004.
6. *Koroljov, P.V., Kalinin E.N., Shilov M.A.* Vizualizacija processa vzaimodejstvija komponentov nanokompозita metodami molekularnogo modelirovanija // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2014, №2. S. 148...151.

Рекомендована кафедрой наземных транспортных средств и технологических машин. Поступила 01.06.15.



УДК 539.434:677.494

**МОДЕЛИРОВАНИЕ И РАСЧЕТНОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ  
РЕЛАКСАЦИОННЫХ И ДЕФОРМАЦИОННЫХ СВОЙСТВ  
ПОЛИМЕРНЫХ ПАРАШЮТНЫХ СТРОП\***

**MODELING AND PREDICTION  
OF ESTIMATED RELAXATION AND DEFORMATION PROPERTIES  
OF THE POLYMER PARACHUTE LINE**

*А.Г. МАКАРОВ, А.В. ДЕМИДОВ, Н.В. ПЕРЕБОРОВА, М.А. ЕГОРОВА*  
*A.G. MAKAROV, A.V. DEMIDOV, N.V. PEREBOROVA, M.A. EGOROVA*

(Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна,  
Санкт-Петербургский государственный университет)  
(Saint Petersburg State University of Technology and Design,  
Saint Petersburg State University)  
E-mail makvin@mail.ru

*В статье рассматриваются вопросы моделирования и расчетного прогнозирования деформационных и релаксационных свойств полимерных парашютных строп. Разработанные компьютерные методики прогнозирования релаксации и ползучести парашютных строп на основе математической модели вязкоупругости позволяют с большой степенью точности рассчитывать их релаксационные и деформационные характеристики, а также деформационные и релаксационные процессы. Разработанные методы разделения полной деформации на компоненты позволяют производить оценки упругих и вязкоупруго-пластических свойств парашютных строп, играющих важную роль при отборе материалов, обладающих требуемыми деформационными свойствами.*

*The article deals with the modeling and prediction of settlement deformation and relaxation properties of polymer parachute lines. Developed a computer prediction techniques of relaxation and creep parachute lines based on a mathematical model of a viscoelastic allow a high degree of accuracy to calculate their relaxation and deformation characteristics, as well as deformation and relaxation processes. The methods developed for the separation of the total strain on the components enables the assessment of elastic and viscoelastic-plastic properties of the parachute lines, which play an important role in the selection of materials with desired deformation properties.*

\* Работа выполнена в рамках исполнения государственного задания Министерства образования и науки РФ (Задание № 2014/186, Проект № 156).

**Ключевые слова:** математическое моделирование, компьютерное прогнозирование, полимерные материалы, вязкоупругость, деформация, пластичность, релаксация, ползучесть.

**Keywords:** mathematical modeling, computer forecasting, polymeric materials, viscoelasticity, deformation, plasticity, relaxation, creep.

Парашютные стропы представляют собой технические изделия в виде тканых лент, шнуров, жгутов и тканей из синтетических нитей. При эксплуатации парашютные стропы подвергаются большим нагрузкам, действующим в течение малых времен. Максимальная эксплуатационная нагрузка указанных материалов достигает значений до 30% от разрывных усилий [1...3]. Работоспособность парашютных строп определяется, в первую очередь, деформационными свойствами используемых материалов. Исследования деформационных свойств составляют одну из основных задач текстильного материаловедения и являются, несомненно, актуальными в парашютостроении, так как от надежности парашютов зависит человеческая жизнь и сохранность техники. Современные методы оценки деформационных свойств и прогнозирования деформационных процессов основаны на математическом моделировании одноименных процессов, которое возможно лишь на основе учета данных эксперимента [4...8]. Для моделирования деформационных свойств часто бывает достаточным проведение кратковременного эксперимента, что облегчает и удешевляет исследования. Выборочный повторный эксперимент необходим для подтверждения адекватности построенной математической модели деформационных свойств и определения степени достоверности прогнозирования одноименных процессов [9...12].

Известные и широко применяемые в настоящее время методики прогнозирования деформационных процессов синтетических волокон и нитей не всегда применимы для изучения аналогичных свойств текстильных материалов более сложной макроструктуры типа шнуров, лент, тканей и т.п. [13...16]. Указанная сложность исследования вызвана тем, что механическое

поведение таких материалов зависит не только от деформационных свойств образующих материал нитей, но и от структуры переплетения нитей в материале и других геометрических факторов [17...19].

Особую актуальность имеют исследования и прогнозирования деформационных свойств парашютных строп, относящихся к классу вязкоупругих твердых тел, в области действия неразрушающих нагрузок, близких к условиям их эксплуатации, так как для эксплуатации парашютов первоочередную роль играет его надежность, исключая разрушение парашюта силовыми нагрузками. Такие исследования возможны на основе математического моделирования процессов деформирования, которые включают в себя как вязкоупругую релаксацию, так и вязкоупругую ползучесть [20...22].

Создание численных методик расчета деформационных и релаксационных процессов парашютных строп и – на их основе – компьютерных программ неразрывно связано с решением задач по сравнительному анализу свойств материалов, с исследованиями взаимосвязи свойств со структурой, с целенаправленным технологическим регулированием свойств, а также с прогнозированием кратковременных и длительных механических воздействий [23...25].

На изучаемые деформационные и релаксационные свойства парашютных строп оказывают влияние различные факторы. Среди них основными являются: температурные воздействия, влажность, различные погодные условия, а также уровни и длительности механических воздействий [26...28].

Для сравнительного анализа и прогнозирования деформационных и релаксационных свойств парашютных строп необходима разработка адекватной математиче-

ской модели на основе физически обоснованного аналитического описания вязкоупругости [29...31]. Следует заметить, что изучение механических свойств парашютных строп, проявляющихся в условиях эксплуатации, гораздо сложнее, чем измерение только разрывных характеристик, по которым нельзя получить полноценную объективную оценку свойств материала. Особую ценность имеет решение задачи прогнозирования деформационных процессов для парашютных строп, когда помимо сопоставления их механических свойств приходится учитывать и условия эксплуатации [32...34].

Появление современных материалов для изготовления парашютных строп обосновывает поиск новых математических моделей деформационных свойств и применение для их исследования соответствующих компьютерных методов обработки экспериментальной информации [35...37]. Создание новых методов исследования механических свойств парашютных строп способствует повышению достоверности прогнозирования деформационных процессов [38...40].

В основе исследования механических свойств и прогнозирования деформационных и релаксационных процессов парашютных строп лежит математическое моделирование вязкоупругости на основе данных краткосрочного эксперимента на простую релаксацию или простую ползучесть [41...43]. Одним из развиваемых в лаборатории информационных технологий Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна вариантов математического моделирования вязкоупругости полимеров является вариант, основанный на аналитической аппроксимации экспериментальных "семейств" кривых релаксации и ползучести с помощью различных нормированных релаксационных функций и функций запаздывания по логарифмической шкале приведенного времени [44...46]. С каждым годом растет разнообразие полимерных материалов, обладающих той или иной молекулярной и надмолекулярной структурой, и проявляющих, в силу сказанного, те или

иные деформационные свойства [45...47]. Поэтому постоянно увеличивается и количество математических моделей, учитывающих ту или иную специфику полимерного материала. В работах (Сталевич А.М., Демидов А.В., Макаров А.Г.) рассматривается целый спектр таких математических моделей, основанных на аппроксимации экспериментальных "семейств" релаксации и ползучести различными нормированными функциями [48...50]. В частности, показано, что если для математического моделирования вязкоупругих свойств полимерных материалов относительно простой макроструктуры типа нитей и волокон достаточно использовать в качестве нормирующей функции интеграл вероятности или нормированный гиперболический тангенс, то для полимерных материалов сложной макроструктуры, к которым следует отнести парашютные стропы, целесообразно использовать функцию нормированный арктангенс логарифма приведенного времени (НАЛ), которая задает вероятностное распределение Коши, главным достоинством которого является свойство замкнутости относительно операции сложения случайных величин (то есть сумма случайных величин, распределенных по закону Коши, также распределена по этому закону) [51...53]. Из этого важного свойства закона распределения Коши следует, что деформационные процессы как составных частей парашютных строп (нитей, волокон), так и самих парашютных строп в целом, могут быть описаны одной математической моделью, в основе которой лежит функция НАЛ, что существенно упрощает процесс математического моделирования вязкоупругости [54...56].

Учитывая сказанное, математическое моделирование процессов релаксации и ползучести парашютных строп проводили на основе нормированной функции НАЛ. Одним из основополагающих достоинств предлагаемой математической модели вязкоупругости является выполнение требования к наименьшему числу параметрово-характеристик модели и их физическая обоснованность [57...59]. К тому же выбранная модель вязкоупругости обладает



достаточной простотой, достигаемой за счет учета нелинейности в интегральных ядрах релаксации и запаздывания (времена релаксации и запаздывания вводятся как параметры модели), а не за счет усложнения самого ядра [60...62].

В качестве объектов исследования рассматриваются как сами полимерные нити,

применяемые в парашютных стропах (табл. 1 – технические характеристики полимерных нитей, применяемых в парашютных стропах), так и парашютные стропы, образованные из них (табл. 2 – технические характеристики парашютных строп).

Таблица 1

Материал	Линейная плотность, текс	Удлинение при разрыве, %	Разрывное напряжение, ГПа	Модуль упругости, ГПа
Дакрон	117	10,8	0,78	8,6
Микролайн (Spectra)	98	3,1	3,2	110
Вектран	132	3,5	3,4	104
Текнора (High Modulus Aramid)	110	4,2	3,3	75

Таблица 2

Название	Разрывная нагрузка, кН	Удлинение при разрыве, %	Модуль упругости, кН	Состав
Дакрон-1200	5,4	15,1	42	дакрон - 100%
Спектра-550	2,5	16,4	18	микролайн -100%
Спектра-725	3,3	16,9	23	микролайн -100%
Спектра-825	3,7	17,1	26	микролайн - 100%
Спектра-1000	4,5	17,2	31	микролайн - 100%
Вектран-800	3,6	13,6	32	вектран -100 %
НМЛ-1100	5,0	19,3	31	теknора - 100 %
НМЛ-1600	7,3	19,8	44	теknора - 100 %

Математическое моделирование вязкоупругости парашютных строп и образующих их нитей проводилось на основе ре-

лаксационной функции и функции запаздывания (ползучести) в виде НАЛ. При этом математические модели имеют вид:

для релаксации

$$E_{\text{et}} = E_0 - (E_0 - E_{\infty}) \left( \frac{1}{2} + \frac{1}{\pi} \arctg \left( \frac{1}{b_{\text{ne}}} \left( \ln \left( \frac{t}{t_1} \right) + \ln \left( \frac{t_1}{\tau_{\epsilon}} \right) \right) \right) \right) \quad (1)$$

и для ползучести

$$D_{\sigma t} = D_0 + (D_{\infty} - D_0) \left( \frac{1}{2} + \frac{1}{\pi} \arctg \left( \frac{1}{b_{\text{ng}}} \left( \ln \left( \frac{t}{t_1} \right) + \ln \left( \frac{t_1}{\tau_{\sigma}} \right) \right) \right) \right), \quad (2)$$

где  $t$  – время;  $1/b_{\text{ne}}$  – параметр интенсивности процесса релаксации;  $1/b_{\text{ng}}$  – параметр интенсивности процесса ползучести;  $\tau_{\epsilon}$  – время релаксации (время, за которое проходит половина процесса релаксации при величине деформации  $\epsilon$ );  $\tau_{\sigma}$  – время запаздывания (время, за которое проходит половина процесса ползучести при величине напряжения  $\sigma$ );  $E_{\text{et}} = \sigma/\epsilon$  – модуль релаксации;  $E_0$  – модуль упругости;  $E_{\infty}$  – мо-

дуль вязкоупругости;  $D_{\sigma t} = \epsilon/\sigma$  – податливость;  $D_0$  – начальная податливость;  $D_{\infty}$  – предельная равновесная податливость;  $\epsilon$  – деформация;  $\sigma = F/S$  – напряжение;  $F$  – усилие при растяжении;  $S$  – площадь поперечного сечения образца;  $t_1$  – базовое время.

Использование нормированной функции НАЛ в качестве основы математической модели вязкоупругости позволяет с

достаточной степенью точности моделировать деформационные свойства парашютных строп и нитей, из которых они образованы. Указанное моделирование расширяет деформационно-временные и силовременные границы прогнозирования деформационных процессов за счет достаточно медленной сходимости функции НАЛ к своим асимптотическим значениям. Аналитическое задание функции НАЛ и принадлежность ее к классу элементарных функций упрощает дифференциально-интегральные преобразования в рамках рассматриваемой математической модели и облегчает процесс нахождения вязкоупругих характеристик.

Прогнозирование деформационных процессов рассматриваемых материалов осуществляется на основе интегральных соотношений Больцмана-Вольтерра, которые с учетом математических моделей (1), (2) принимают вид:

для нелинейно-наследственной релаксации

$$\sigma_t = E_0 \varepsilon_t - (E_0 - E_\infty) \frac{1}{\pi b_{ne}} \int_0^t \varepsilon_\theta \frac{1}{1 + W_{\varepsilon,t-\theta}^2} \frac{1}{t-\theta} d\theta \quad (3)$$

и для нелинейно-наследственной ползучести

$$\varepsilon_t = D_0 \sigma_t + (D_\infty - D_0) \frac{1}{\pi b_{ns}} \int_0^t \sigma_\theta \frac{1}{1 + W_{\sigma,t-\theta}^2} \frac{1}{t-\theta} d\theta \quad (4)$$

где

$$w_{\varepsilon t} = \frac{1}{b_{ne}} \left( \ln \left( \frac{t}{t_1} \right) + \ln \left( \frac{t_1}{\tau_\varepsilon} \right) \right),$$

$$w_{\sigma t} = \frac{1}{b_{ns}} \left( \ln \left( \frac{t}{t_1} \right) + \ln \left( \frac{t_1}{\tau_\sigma} \right) \right).$$

Преимущество применения для моделирования деформационных процессов интегральных соотношений (3), (4), как следствие математической модели (1), (2), состоит в возможности расширения области доверительного прогнозирования в сторону "больших" (длительные процессы) и в сторону "малых" времен (кратковременные процессы) с уменьшением по-

грешности прогноза за счет снижения влияния квазимгновенного фактора деформирования в начале процесса. Прогнозирование деформационного поведения материала на "малые" времена особенно важно для эксплуатации парашютных строп, так как от момента раскрытия парашюта (начала деформационного процесса) во многом зависит безопасность и жизнь парашютиста. Прогнозирование деформационных процессов на "большие" времена также актуально, так как позволяет определить степень надежности парашюта при затяжных прыжках и при спуске на парашютах тяжелой техники.

Разработанные методы вычисления интегралов, входящих в соотношения (3), (4), с учетом специфики математических моделей (1), (2), и соответствующее программное обеспечение опробованы на различных видах деформационных процессов, в том числе на релаксации (рис. 1 – "семейства" кривых релаксации напряжений при различной деформации парашютных строп;  $T = 20^\circ\text{C}$ : а – дакрон-1200, б – вектран-800, в – НМЛ-1600; линии – расчет, о – эксперимент) и ползучести (рис. 2 – "семейства" кривых ползучести при различной нагрузке парашютных строп;  $T = 20^\circ\text{C}$ : а – дакрон-1200, б – вектран-800, в – НМА-1600; линии – расчет, о – эксперимент). Близость расчетных точек к экспериментальным значениям наблюдается для всех рассмотренных материалов.

Разработанные методы применимы для решения задач по сравнительному анализу деформационных свойств парашютных строп, для исследования взаимосвязи указанных свойств со структурой и их целенаправленного технологического регулирования, а также для расчетного прогнозирования кратковременных и длительных механических воздействий.

Проведенный анализ деформационных характеристик парашютных строп выявил влияние геометрических факторов, линейной плотности и компонентного состава на их деформационные свойства.

Сравнивая расчетные деформационные характеристики для образцов парашютных строп разного компонентного состава, при

прочих однотипных условиях получаем, что наиболее интенсивно деформационные процессы протекают в парашютных стропках, изготовленных из материала дакрон. Отличительной чертой парашютных строп, изготовленных из дакрона, является значительное преобладание упругой составляющей деформации над вязкоупруго-пластической. На практике это означает,

что такие стропы медленнее изнашиваются, "пружинят" на раскрытии, что заметно смягчает удар и более комфортно для парашютистов. Исходя из анализа деформационных характеристик, парашютные стропы, изготовленные из дакрона, рекомендуется применять в больших парашютах и в парашютах для спуска тяжелой техники.

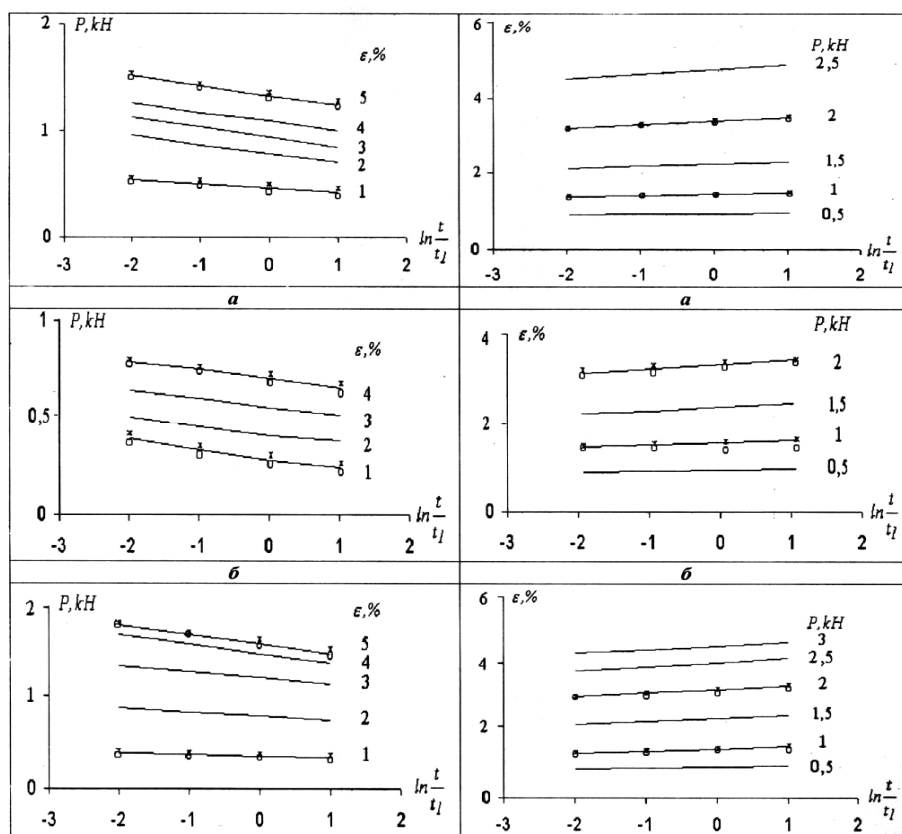


Рис. 1

Рис. 2

Анализируя деформационные характеристики парашютных строп, изготовленных из микролайна, получаем, что существенное влияние на деформационные процессы, в отличие от других изучаемых материалов, оказывает температура. При повышении температуры упругие свойства строп уменьшаются, а вязкоупруго-пластические увеличиваются. Это оказывает существенное влияние и на уменьшение срока службы парашютов с ростом температуры.

Проанализирована также зависимость деформационных свойств парашютных строп, изготовленных из одного и того же материала, но имеющих разные геометри-

ческие характеристики, на примере микролайна и текноры. Чем меньше толщина строп, тем более интенсивно проходят деформационные процессы, что сказывается на маневренности парашютов. Поэтому рекомендуется маневренные и высокоскоростные парашюты оснащать более тонкими стропами, несмотря на их более быстрый износ.

Деформационные процессы парашютных строп, изготовленных из текноры, имеют наименьшую интенсивность по сравнению с другими рассматриваемыми материалами.

## ВЫВОДЫ

1. Разработанные методы и компьютерные методики прогнозирования релаксации и ползучести парашютных строп на основе предлагаемой математической модели вязкоупругости позволяют с большой степенью точности рассчитывать релаксационные и деформационные характеристики.

2. Разработанные методы и компьютерные методики прогнозирования деформационных процессов на основе предлагаемых математических моделей релаксации и ползучести позволяют с большой степенью надежности прогнозировать указанные процессы парашютных строп, что подтверждено данными эксперимента.

3. Разработанные методы и компьютерные методики определения деформационных характеристик парашютных строп позволяют производить технологический отбор материалов и давать рекомендации по их техническому использованию.

4. Все разработанные компьютерные методики, опробованные на большой группе парашютных строп и образующих их синтетических нитей, дали положительный прогностический результат, что дает основание считать указанные методики универсальными и рекомендовать их для широкого внедрения в научно-исследовательский процесс материаловедческих лабораторий.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Макаров А.Г. Контроль параметров нелинейно-наследственных ядер релаксации и запаздывания синтетических нитей // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2000, № 2. С.12...16.
2. Сталевич А.М., Макаров А.Г. Вариант спектра наследственно-вязкоупругой релаксации синтетических нитей // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2000, №3. С. 8...13.
3. Макаров А.Г., Сталевич А.М. Вариант прогнозирования процессов деформирования синтетических нитей // Химические волокна. – 2001, № 4. С. 67...69.
4. Макаров А.Г., Сталевич А.М. Методы уточнения и контроля прогнозируемых состояний синтетических материалов // Химические волокна. – 2001, № 5. С. 58...61.

5. Сталевич А.М., Макаров А.Г. Определение вязкоупругих характеристик на примере полиакрилонитрильной нити // Химические волокна. – 2001, № 6. С. 68...70.

6. Макаров А.Г., Сталевич А.М. Вариант спектров релаксации и запаздывания у аморфнокристаллических синтетических нитей // Химические волокна. – 2002, № 3. С. 52...55.

7. Сталевич А.М., Макаров А.Г., Саидов Е.Д. Расчетно-экспериментальная оценка поглощаемой механической работы при деформировании синтетической нити // Химические волокна. – 2002, № 3. С. 55...57.

8. Макаров А.Г., Сталевич А.М. Прогноз обратной релаксации и деформационно-восстановительных процессов синтетических нитей // Химические волокна. – 2002, № 6. С.62...64.

9. Макаров А.Г. Определение аналитической взаимосвязи нормированных ядер релаксации и ползучести в линейной теории вязкоупругости текстильных материалов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2002, №2. С.13...17.

10. Макаров А.Г., Сталевич А.М. Прогнозирование восстановительного деформационного процесса и обратной релаксации полимерных материалов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2002, № 3. С.10...13.

11. Сталевич А.М., Макаров А.Г., Саидов Е.Д. Упругие компоненты диаграммы растяжения синтетической нити // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2002, №4...5. С.15...18.

12. Сталевич А.М., Макаров А.Г., Саидов Е.Д. Релаксационная спектрометрия синтетической нити // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2003, № 1. С. 16...22.

13. Демидов А.В., Макаров А.Г., Сталевич А.М. Системный анализ вязкоупругости полимерных материалов // Вопросы материаловедения. – 2005, № 4 (44). С. 50...58.

14. Макаров А.Г., Овсянников Д.А. Компьютерное определение спектральных и энергетических характеристик синтетических тканей // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. – 2005, №11. С. 5...9.

15. Овсянников Д.А., Макаров А.Г., Сталевич А.М., Демидов А.В. Математическое моделирование вязкоупругих процессов полимеров // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета. Серия 10. – 2006, № 3. С. 46...54.

16. Демидов А.В., Макаров А.Г., Сталевич А.М. Вариант математического моделирования деформационных процессов полимерных материалов // Вопросы материаловедения. – 2006, № 3. С.101...111.

17. Демидов А.В., Макаров А.Г., Сталевич А.М. Методы компьютерного анализа вязкоупругости технических тканей // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2006, № 3. С. 13...17.

18. Демидов А.В., Макаров А.Г., Сталевич А.М. Исследование изменений деформационных свойств полиэфирных нитей в зависимости от степени крутки // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2006, № 4. С. 9...13.
19. Демидов А.В., Макаров А.Г., Сталевич А.М. Критерии оптимального выбора математической модели вязкоупругости текстильных материалов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2006, № 5. С. 18...22
20. Демидов А.В., Макаров А.Г., Сталевич А.М. Определение механических характеристик текстильных материалов при переменной температуре // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2006, № 6. С. 14...19.
21. Демидов А.В., Макаров А.Г., Сталевич А.М. Определение деформационных характеристик синтетических нитей в условиях переменной температуры // Химические волокна. – 2006, № 3. С. 58...61.
22. Демидов А.В., Макаров А.Г., Сталевич А.М. Компьютерное исследование вязкоупругости полимерных материалов // Химические волокна. – 2006, № 5. С. 38...43.
23. Демидов А.В., Макаров А.Г., Сталевич А.М. Оптимизация выбора модели вязкоупругости синтетических нитей // Химические волокна. – 2006, № 6. С. 47...51.
24. Демидов А.В., Макаров А.Г., Сталевич А.М. Вариант прогнозирования деформационных процессов полимерных материалов // Материаловедение. – 2006, № 8. С. 5...10.
25. Демидов А.В., Макаров А.Г., Сталевич А.М. Выявление направлений компьютерного прогнозирования деформационных свойств текстильных материалов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2007, № 2. С. 14...17.
26. Демидов А.В., Макаров А.Г., Сталевич А.М. Системный анализ вязкоупругости текстильных материалов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2007, № 3. С. 20...24.
27. Демидов А.В., Макаров А.Г., Сталевич А.М. Системный анализ вязкоупругости полиэфирных нитей // Химические волокна. – 2007, № 1. С. 62...65.
28. Демидов А.В., Макаров А.Г., Сталевич А.М. Исследование упругих, вязкоупругих и пластических характеристик химических нитей // Химические волокна. – 2007, № 6. С. 52...55.
29. Демидов А.В., Макаров А.Г., Сталевич А.М. Вариант математического моделирования деформационных процессов синтетических нитей // Химические волокна. – 2007, № 6. С. 49...52.
30. Демидов А.В., Макаров А.Г., Сталевич А.М. Вариант прогнозирования нелинейно-наследственной вязкоупругости полимеров // Прикладная механика и техническая физика. – 2007. Т. 48, № 6 (286). С. 147...157.
31. Жуковский В.А., Макаров А.Г., Ростовцева Н.Г., Слуцкер Г.Я., Столяров О.Н., Терушкина О.Б., Гриднева А.В. Деформационные свойства синтетических мономеров медицинского назначения // Химические волокна. – 2008, № 4. С. 25...28.
32. Жуковский В.А., Макаров А.Г., Ростовцева Н.Г., Слуцкер Г.Я., Столяров О.Н., Терушкина О.Б., Гриднева А.В. Деформационные свойства синтетических мономеров медицинского назначения // Химические волокна. – 2008, № 4. С. 25...28.
33. Демидов А.В., Макаров А.Г., Новоселова А.Г., Сталевич А.М. Методы спектрального моделирования механической релаксации текстильных материалов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2007, № 1С. С. 15... 19.
34. Демидов А.В., Макаров А.Г., Сталевич А.М. Вариант моделирования нелинейно-наследственной вязкоупругости полимерных материалов // Известия Российской академии наук. Механика твердого тела. – 2009, № 1. С. 143...153.
35. Ростовцева Н.Г., Литвинов А.М., Федорова С.В., Макаров А.Г. Вариант спектральной интерпретации релаксации и ползучести полимерных нитей // Дизайн. Материалы. Технология. – 2009, № 4. С. 66...68.
36. Ростовцева Н.Г., Литвинов А.М., Федорова С.В., Макаров А.Г. Прогнозирование деформационных процессов полимерных материалов в условиях меняющейся температуры // Дизайн. Материалы. Технология. – 2009, № 3. С. 69...71.
37. Макаров А.Г., Ростовцева Н.Г., Федорова С.В., Лебедева С.В. Компьютерное моделирование вязкоупругих морских полимерных канатов // Дизайн. Материалы. Технология. – 2010, № 1. С. 100...105.
38. Макаров А.Г., Ростовцева Н.Г., Артемьева Е.Н., Лебедева С.В. Моделирование деформационных свойств арамидных материалов // Дизайн. Материалы. Технология. – 2010, № 2. С. 25...29.
39. Ростовцева Н.Г., Макаров А.Г., Пушкарь Д.В. Прогнозирование процессов обратной релаксации полимерных материалов // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. – 2010. Т. 7, № 1. С. 64...65.
40. Макаров А.Г., Киселев С.В., Рыбачук С.В., Зурахов В.С. Критерии надежности прогнозирования вязкоупругости полимерных материалов // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. – 2011. Т. 11, № 1. С. 56...60.
41. Макаров А.Г., Киселев С.В., Рыбачук С.В., Пушкарь Д.В. Вариант моделирования релаксации и ползучести полимерных одноосно-ориентированных материалов // Дизайн. Материалы. Технология. – 2011, № 1. С. 91...94.
42. Макаров А.Г., Киселев С.В., Рыбачук С.В., Зурахов В.С. Высокоскоростное деформирование одноосно-ориентированных полимерных материалов // Дизайн. Материалы. Технология. – 2011, № 2. С. 64...66.
43. Макаров А.Г., Горшков А.С., Рымкевич П.П., Переборова Н.В. Метод коррекции параметров математической модели релаксации полимеров по точкам экспериментальной диаграммы растяжения // Дизайн. Материалы. Технология. – 2012. Т. 1, № 21. С. 23...28.

44. Макаров А.Г., Горшков А.С., Рымкевич П.П., Ишмуратова Р.Р. Метод определения спектральных и энергетических характеристик эластомеров // Дизайн. Материалы. Технология. – 2012. Т.2, № 22. С. 38...42.
45. Макаров А.Г., Слуцкер Г.Я., Терушкина О.Б., Дроботун Н.В. Физический анализ кинетики ползучести мононитей из полипропилена и поливинилиденфторида // Дизайн. Материалы. Технология. – 2012. Т. 3. С. 41...44.
46. Макаров А.Г., Егорова М.А., Зурахов Н.С., Фомина А.В. Определение аналитической взаимосвязи нормированных ядер релаксации и запаздывания в линейной теории вязкоупругости полимерных материалов // Дизайн. Материалы. Технология. – 2012. Т. 3. С. 48...50.
47. Рымкевич П.П., Романова А.А., Горшков А.С., Макаров А.Г. Физические основы вязкоупругого поведения ориентированных аморфно-кристаллических полимеров // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. – 2012. Т. 16, № 2. С.70...73.
48. Слуцкер Г.Я., Жуковский В.А., Терушкина О.Б., Дроботун Н.В., Филипенко Т.С., Едомина Н.А., Макаров А.Г. Упругие свойства полипропиленовых и поливинилиденфторидных мононитей и сетчатых эндопротезов на их основе // Химические волокна. – 2012, № 5. С.28...32.
49. Макаров А.Г., Демидов А.В., Переборова Н.В., Вагнер В.И. Спектральный анализ релаксационных свойств полимерных нитей аморфно-кристаллического строения // Химические волокна. – 2013, № 5. С. 44...47.
50. Головина В.В., Рымкевич П.П., Макаров А.Г., Романова А.А. Прогнозирование деформационных и релаксационных процессов в одноосноориентированных полимерных материалах // Химические волокна. – 2013, № 6. С. 33...40.
51. Rymkevich P.P., Romanova A.A., Golovina V.V., Makarov A.G. The Energy Barriers Model for the Physical Description of the Viscoelasticity of Synthetic Polymers: Application to the Uniaxial Orientational Drawing of Polyamide Films // Journal of Macromolecular Science. Part B: Physics. –Vol. 52. Issue 12, 2013. P. 1829...1847.
52. Макаров А.Г., Переборова Н.В., Вагнер В.И., Рымкевич П.П., Горшков А.С. Основы математического моделирования релаксации и ползучести полимерных материалов текстильной и легкой промышленности // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. – 2013. Т.21, № 3. С. 27...31.
53. Макаров А.Г., Переборова Н.В., Вагнер В.И., Рымкевич П.П., Горшков А.С. Основы достоверного прогнозирования релаксационных и деформационных процессов полимерных материалов текстильной и легкой промышленности // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. – 2013. Т. 22, № 4. С. 32...34.
54. Переборова Н.В., Егорова М.А., Вагнер В.И., Васильева Е.К. Компьютерное моделирование деформационных свойств текстильных материалов сложного строения // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. – 2013. Т.22, №4. С. 35...37.
55. Головина В.В., Макаров А.Г., Рымкевич П.П. Метод аналогий и его физическое обоснование для описания термовязкоупругости аморфно-кристаллических полимерных нитей // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. – 2013. Т.19. С. 67...70.
56. Рымкевич П.П., Горшков А.С., Макаров А.Г., Романова А.А. Основное определяющее уравнение вязкоупругого поведения одноосноориентированных полимерных материалов // Химические волокна. – 2014, № 1. С. 31...35.
57. Макаров А.Г., Демидов А.В., Переборова П.В., Вагнер В.И. Спектральный анализ деформационных свойств полимерных нитей аморфно-кристаллического строения // Химические волокна. – 2014, № 1. С. 60...63.
58. Макаров А.Г., Переборова Н.В., Егорова В.И., Вагнер В.И. Вариант моделирования деформационных и релаксационных свойств текстильных материалов сложного строения // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2014, №3. С. 110...115.
59. Макаров А.Г., Переборова Н.В., Вагнер В.И., Рымкевич П.П., Горшков А.С. Основы спектрально-временного анализа релаксационных и деформационных свойств полимерных материалов текстильной и легкой промышленности // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. – 2014. Т. 23, №1. С. 19...23.
60. Переборова Н.В., Егорова М.А., Вагнер В.И., Васильева Е.К., Дружкина Ю.Д. Моделирование сложных деформационно-восстановительных процессов полимерных материалов текстильной и легкой промышленности // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. – 2014. Т. 23, № 1. С.30...32.
61. Макаров А.Г., Максимов В.В., Переборова Н.В., Вагнер В.И. Компьютерное моделирование деформационных процессов текстильных материалов сложного строения // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. – 2014. Т. 24, №2. С.47...52.
62. Переборова Н.В., Вагнер В.И., Васильева Е.К., Дружкина Ю.Д., Максимов В.В. Процессы обратной релаксации полимерных текстильных материалов // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. – 2014, № 2. Т. 24. С.53...55.

## REFERENCES

1. Makarov A.G. Kontrol' parametrov nelinejno-nasledstvennyh yader relaksacii i zapazdyvaniya sinteticheskikh nitej // Izv. vuzov. Tehnologiya tekstil'noj promyshlennosti. – 2000, № 2. S.12...16.
2. Stalevich A.M., Makarov A.G. Variant spektra nasledstvenno-vyazkouprugoj relaksacii sinteticheskikh nitej // Izv. vuzov. Tehnologiya tekstil'noj promyshlennosti. – 2000, №3. S. 8...13.
3. Makarov A.G., Stalevich A.M. Variant prognozirovaniya processov deformirovaniya sin-

- teticheskikh nitej // Himicheskie volokna. – 2001, №4. S. 67...69.
4. Makarov A.G., Stalevich A.M. Metody utochneniya i kontrolya prognoziruemykh sostoyaniy sinteticheskikh materialov // Himicheskie volokna. – 2001, № 5. S. 58...61.
5. Stalevich A.M., Makarov A.G. Opredelenie vyazkoprugih karakteristik na primere poliakrilonitril'noj niti // Himicheskie volokna. – 2001, № 6. S.68...70.
6. Makarov A.G., Stalevich A.M. Variant spektrov relaksacii i zapazdyvaniya u amorfno-kristallicheskih sinteticheskikh nitej // Himicheskie volokna. – 2002, №3. S. 52...55.
7. Stalevich A.M., Makarov A.G., Saidov E.D. Raschetno-eksperimental'naya ocenka poglovaemoy mehanicheskoy raboty pri deformirovani sinteticheskoy niti // Himicheskie volokna. – 2002, № 3. S. 55...57.
8. Makarov A.G., Stalevich A.M. Prognoz obratnoj relaksacii i deformatsionno-vosstanovitel'nykh processov sinteticheskikh nitej // Himicheskie volokna. – 2002, №6. S.62...64.
9. Makarov A.G. Opredelenie analiticheskoy vzaimosvyazi normirovannykh yader relaksacii i polzuchesti v linejnoy teorii vyazkoprugosti tekstil'nykh materialov // Izv. vuzov. Tehnologiya tekstil'noj promyshlennosti. – 2002, №2. S.13...17.
10. Makarov A.G., Stalevich A.M. Prognozirovaniye vosstanovitel'nogo deformatsionnogo processa i obratnoj relaksacii polimernykh materialov // Izv. vuzov. Tehnologiya tekstil'noj promyshlennosti. – 2002, № 3. S.10...13.
11. Stalevich A.M., Makarov A.G., Saidov E.D. Uprugie komponenty diagrammy rastyazheniya sinteticheskoy niti // Izv. vuzov. Tehnologiya tekstil'noj promyshlennosti. – 2002, №4...5. S.15...18.
12. Stalevich A.M., Makarov A.G., Saidov E.D. Relaksacionnaya spektrometriya sinteticheskoy niti // Izv. vuzov. Tehnologiya tekstil'noj promyshlennosti. – 2003, № 1. S. 16...22.
13. Demidov A.V., Makarov A.G., Stalevich A.M. Sistemnyy analiz vyazkoprugosti polimernykh materialov // Voprosy materialovedeniya. – 2005, № 4 (44). S. 50...58.
14. Makarov A.G., Ovsyannikov D.A. Komp'yuternoe opredelenie spektral'nykh i e'nergeticheskikh karakteristik sinteticheskikh tkanej // Vestnik Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo universiteta tehnologii i dizajna. – 2005, №11. S. 5...9.
15. Ovsyannikov D.A., Makarov A.G., Stalevich A.M., Demidov A.V. Matematicheskoe modelirovaniye vyazkoprugih processov polimerov // Vestnik Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 10. – 2006, № 3. S. 46...54.
16. Demidov A.V., Makarov A.G., Stalevich A.M. Variant matematicheskogo modelirovaniya deformatsionnykh processov polimernykh materialov // Voprosy materialovedeniya. – 2006, № 3. S.101...111.
17. Demidov A.V., Makarov A.G., Stalevich A.M. Metody komp'yuternogo analiza vyazkoprugosti tehnikeskikh tkanej // Izv. vuzov. Tehnologiya tekstil'noj promyshlennosti. – 2006, № 3. S. 13...17.
18. Demidov A.V., Makarov A.G., Stalevich A.M. Issledovanie izmeneniy deformatsionnykh svoystv polie'firnykh nitej v zavisimosti ot stepeni krutki // Izv. vuzov. Tehnologiya tekstil'noj promyshlennosti. – 2006, № 4. S. 9...13.
19. Demidov A.V., Makarov A.G., Stalevich A.M. Kriterii optimal'nogo vybora matematicheskoy modeli vyazkoprugosti tekstil'nykh materialov // Izv. vuzov. Tehnologiya tekstil'noj promyshlennosti. – 2006, № 5. S. 18...22.
20. Demidov A.V., Makarov A.G., Stalevich A.M. Opredelenie mehanicheskikh karakteristik tekstil'nykh materialov pri peremennoy temperature // Izv. vuzov. Tehnologiya tekstil'noj promyshlennosti. – 2006, № 6. S. 14...19.
21. Demidov A.V., Makarov A.G., Stalevich A.M. Opredelenie deformatsionnykh karakteristik sinteticheskikh nitej v usloviyakh peremennoy temperature // Himicheskie volokna. – 2006, № 3. S. 58...61.
22. Demidov A.V., Makarov A.G., Stalevich A.M. Komp'yuternoe issledovanie vyazkoprugosti polimernykh materialov // Himicheskie volokna. – 2006, № 5. S. 38...43.
23. Demidov A.V., Makarov A.G., Stalevich A.M. Optimizatsiya vybora modeli vyazkoprugosti sinteticheskikh nitej // Himicheskie volokna. – 2006, №6. S. 47...51.
24. Demidov A.V., Makarov A.G., Stalevich A.M. Variant prognozirovaniya deformatsionnykh processov polimernykh materialov // Materialovedenie. – 2006, №8. S. 5 ...10.
25. Demidov A.V., Makarov A.G., Stalevich A.M. Vyyavlenie napravleniy komp'yuternogo prognozirovaniya deformatsionnykh svoystv tekstil'nykh materialov // Izv. vuzov. Tehnologiya tekstil'noj promyshlennosti. – 2007, № 2. S. 14...17.
26. Demidov A.V., Makarov A.G., Stalevich A.M. Sistemnyy analiz vyazkoprugosti tekstil'nykh materialov // Izv. vuzov. Tehnologiya tekstil'noj promyshlennosti. – 2007, № 3. S. 20 ...24.
27. Demidov A.V., Makarov A.G., Stalevich A.M. Sistemnyy analiz vyazkoprugosti polie'firnykh nitej // Himicheskie volokna. – 2007, № 1. S.62...65.
28. Demidov A.V., Makarov A.G., Stalevich A.M. Issledovanie uprugih, vyazkoprugih i plasticheskikh karakteristik himicheskikh nitej // Himicheskie volokna. – 2007, № 6. S. 52...55.
29. Demidov A.V., Makarov A.G., Stalevich A.M. Variant matematicheskogo modelirovaniya deformatsionnykh processov sinteticheskikh nitej // Himicheskie volokna. – 2007, № 6. S.49...52.
30. Demidov A.V., Makarov A.G., Stalevich A.M. Variant prognozirovaniya nelinejno-nasledstvennoy vyazkoprugosti polimerov // Prikladnaya mehanika i tehnikeskaya fizika. – 2007. T.48, № 6 (286). S.147...157.
31. Zhukovskij V.A., Makarov A.G., Rostovceva N.G., Slucker G.YA., Stolyarov O.H., Terushkina O.B., Gridneva A.V. Deformatsionnye svoystva sinteticheskikh mononitej medicinskogo naznacheniya // Himicheskie volokna. – 2008, № 4. S. 25...28.

32. Zhukovskij V.A., Makarov A.G., Rostovceva N.G., Slucker G.YA., Stolyarov O.N., Terushkina O.B., Gridneva A.V. Deformacionnye svojstva sinteticheskikh mononitej medicinskogo naznacheniya // *Himicheskie volokna*. – 2008, № 4. S. 25...28.
33. Demidov A.V., Makarov A.G., Novoselova A.G., Stalevich A.M. Metod spektral'nogo modelirovaniya mehanicheskoj relaksacii tekstil'nyh materialov // *Izv. vuzov. Tehnologiya tekstil'noj promyshlennosti*. – 2007, № 1C. S. 15... 19.
34. Demidov A.V., Makarov A.G., Stalevich A.M. Variant modelirovaniya nelinejno-nasledstvennoj vyazkouprugosti polimernyh materialov // *Izvestiya Rossijskoj akademii nauk. Mehanika tverdogo tela*. – 2009, № 1. S.143...153.
35. Rostovceva N.G., Litvinov A.M., Fedorova S.V., Makarov A.G. Variant spektral'noj interpretacii relaksacii i polzuchesti polimernyh nitej // *Dizajn. Materialy. Tehnologiya*. – 2009, №4. S. 66...68.
36. Rostovceva N.G., Litvinov A.M., Fedorova S.V., Makarov A.G. Prognozirovanie deformacionnyh processov polimernyh materialov v usloviyah menyayuwejsya temperatury // *Dizajn. Materialy. Tehnologiya*. – 2009, № 3. S. 69...71.
37. Makarov A.G., Rostovceva N.G., Fedorova S.V., Lebedeva S.V. Komp'yuternoe modelirovanie vyazkouprugih morskikh polimernyh kanatov // *Dizajn. Materialy. Tehnologiya*. – 2010, № 1. S.100...105.
38. Makarov A.G., Rostovceva N.G., Artem'eva E.N., Lebedeva S.V. Modelirovanie deformacionnyh svojstv aramidnyh materialov // *Dizajn. Materialy. Tehnologiya*. – 2010, №2. S. 25...29.
39. Rostovceva N.G., Makarov A.G., Pushkar' D.V. Prognozirovanie processov obratnoj relaksacii polimernyh materialov // *Izv. vuzov. Tehnologiya legkoj promyshlennosti*. – 2010. T.7, №1. S. 64...65.
40. Makarov A.G., Kiselev S.V., Rybachuk S.V., Zurahov B.C. Kriterii nadezhnosti prognozirovaniya vyazkouprugosti polimernyh materialov // *Izv. vuzov. Tehnologiya legkoj promyshlennosti*. – 2011. T. 11, №1. S. 56...60.
41. Makarov A.G., Kiselev S.V., Rybachuk S.V., Pushkar' D.V. Variant modelirovaniya relaksacii i polzuchesti polimernyh odnoosno-orientirovannyh materialov // *Dizajn. Materialy. Tehnologiya*. – 2011, №1. S. 91...94.
42. Makarov A.G., Kiselev S.V., Rybachuk S.V., Zurahov B.C. Vysokoskorostnoe deformirovanie odnoosno-orientirovannyh polimernyh materialov // *Dizajn. Materialy. Tehnologiya*. – 2011, № 2. S.64...66.
43. Makarov A.G., Gorshkov A.S., Rymkevich P.P., Pereborova N.V. Metod korrekcii parametrov matematicheskoj modeli relaksacii polimerov po tochkam e'ksperimental'noj diagrammy rastyazheniya // *Dizajn. Materialy. Tehnologiya*. – 2012. T. 1, № 21. S. 23...28.
44. Makarov A.G., Gorshkov A.S., Rymkevich P.P., Ishmuratova P.P. Metod opredeleniya spektral'nyh i e'nergeticheskikh harakteristik e'lastomerov // *Dizajn. Materialy. Tehnologiya*. – 2012. T.2, № 22. S.38...42.
45. Makarov A.G., Slucker G.YA., Terushkina O.B., Drobotun N.V. Fizicheskij analiz kinetiki polzuchesti mononitej iz polipropilena i polivini-lidenftorida // *Dizajn. Materialy. Tehnologiya*. – 2012. T. 3. S. 41...44.
46. Makarov A.G., Egorova M.A., Zurahov N.S., Fomina A.V. Opredelenie analiticheskoy vzaimosvyazi normirovannyh yader relaksacii i zapazdyvaniya v linejnoj teorii vyazkouprugosti polimernyh materialov // *Dizajn. Materialy. Tehnologiya*. – 2012. T. 3. S.48...50.
47. Rymkevich P.P., Romanova A.A., Gorshkov A.S., Makarov A.G. Fizicheskie osnovy vyazkouprugogo povedeniya orientirovannyh amorfno-kristallicheskih polimerov // *Izv. vuzov. Tehnologiya legkoj promyshlennosti*. – 2012. T. 16, № 2. S.70...73.
48. Slucker G.YA., Zhukovskij V.A., Terushkina O.B., Drobotun N.V., Filipenko T.S., Edomina N.A., Makarov A.G. Uprugie svojstva polipropilenovyh i polivinilidenftoridnyh mononitej i setchatyh e'ndoprotezov na ih osnove // *Himicheskie volokna*. – 2012, №5. S.28...32.
49. Makarov A.G., Demidov A.V., Pereborova N.V., Vagner V.I. Spektral'nyj analiz relaksacionnyh svojstv polimernyh nitej amorfno-kristallicheskogo stroeniya // *Himicheskie volokna*. – 2013, № 5. S.44...47.
50. Golovina V.V., Rymkevich P.P., Makarov A.G., Romanova A.A. Prognozirovanie deformacionnyh i relaksacionnyh processov v odnoosno-orientirovannyh polimernyh materialah // *Himicheskie volokna*. – 2013, № 6. S. 33...40.
51. Rymkevich P.P., Romanova A.A., Golovina V.V., Makarov A.G. The Energy Barriers Model for the Physical Description of the Viscoelasticity of Synthetic Polymers: Application to the Uniaxial Orientational Drawing of Polyamide Films // *Journal of Macromolecular Science. Part B: Physics*. –Vol. 52. Issue 12, 2013. P. 1829...1847.
52. Makarov A.G., Pereborova P.V., Vagner V.I., Rymkevich P.P., Gorshkov A.S. Osnovy matematicheskogo modelirovaniya relaksacii i polzuchesti polimernyh materialov tekstil'noj i legkoj promyshlennosti // *Izv. vuzov. Tehnologiya legkoj promyshlennosti*. – 2013. T.21, № 3. S. 27...31.
53. Makarov A.G., Pereborova N.V., Vagner V.I., Rymkevich P.P., Gorshkov A.S. Osnovy doveritel'nogo prognozirovaniya relaksacionnyh i deformacionnyh processov polimernyh materialov tekstil'noj i legkoj promyshlennosti // *Izv. vuzov. Tehnologiya legkoj promyshlennosti*. – 2013. T. 22, № 4. S. 32...34.
54. Pereborova N.V., Egorova M.A., Vagner V.I., Vasil'eva E.K. Komp'yuternoe modelirovanie deformacionnyh svojstv tekstil'nyh materialov slozhnogo stroeniya // *Izv. vuzov. Tehnologiya legkoj promyshlennosti*. – 2013. T.22, №4. S. 35...37.
55. Golovina V.V., Makarov A.G., Rymkevich P.P. Metod analogij i ego fizicheskoe obosnovanie dlya opisaniya termovyazkouprugosti amorfno-kristallicheskih polimernyh nitej // *Izv. vuzov. Tehnologiya legkoj promyshlennosti*. – 2013. T.19. S.67...70.



56. Rymkevich P.P., Gorshkov A.S., Makarov A.G., Romanova A.A. Osnovnoe opredelyayuwee uravnenie vyazkoprugogo povedeniya odnoosno-orientirovannyh polimernyh materialov // Himicheskie volokna. – 2014, № 1. S. 31...35.

57. Makarov A.G., Demidov A.V., Pereborova P.V., Vagner V.I. Spektral'nyj analiz deformatsionnyh svoystv polimernyh nitej amorfno-kristallicheskogo stroeniya // Himicheskie volokna. – 2014, № 1. S.60...63.

58. Makarov A.G., Pereborova N.V., Egorova V.I., Vagner V.I. Variant modelirovaniya deformatsionnyh i relaksacionnyh svoystv tekstil'nyh materialov slozhnogo stroeniya // Izv. vuzov. Tehnologiya tekstil'noj promyshlennosti. – 2014, №3. S. 110...115.

59. Makarov A.G., Pereborova N.V., Vagner V.I., Rymkevich P.P., Gorshkov A.S. Osnovy spektral'no-vremennogo analiza relaksacionnyh i deformatsionnyh svoystv polimernyh materialov tekstil'noj i legkoj promyshlennosti // Izv. vuzov. Tehnologiya legkoj promyshlennosti. – 2014. T. 23, № 1. S. 19...23.

60. Pereborova N.V., Egorova M.A., Vagner V.I., Vasil'eva E.K., Druzhkina YU.D. Modelirovanie slozhnyh deformatsionno-vosstanovitel'nyh processov polimernyh materialov tekstil'noj i legkoj promyshlennosti // Izv. vuzov. Tehnologiya legkoj promyshlennosti. – 2014. T. 23, № 1. S.30...32.

61. Makarov A.G., Maksimov V.V., Pereborova N.V., Vagner V.I. Komp'yuternoe modelirovanie deformatsionnyh processov tekstil'nyh materialov slozhnogo stroeniya // Izv. vuzov. Tehnologiya legkoj promyshlennosti. – 2014. T. 24, №2. S.47...52.

62. Pereborova N.V., Vagner V.I., Vasil'eva E.K., Druzhkina Yu.D., Maksimov V.V. Processy obratnoj relaksacii polimernyh tekstil'nyh materialov // Izv. vuzov. Tehnologiya legkoj promyshlennosti. – 2014, № 2. T. 24. S.53...55.

Рекомендована кафедрой интеллектуальных систем и защиты информации. Поступила 01.09.15.

УДК 677.071:531:517.9

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ГИБКОЙ НИТИ,  
МОДЕЛИРУЮЩЕЙ ЗАЖАТУЮ ПРЯДЬ,  
С ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ  
ПРИ НАЛИЧИИ ВНЕШНЕЙ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ НАГРУЗКИ**

**COMPUTER SIMULATION OF A FLEXIBLE STRING,  
MODELING SANDWICHED STRAND,  
WITH THE CYLINDRICAL SURFACE  
WHEN AN EXTERNAL LOAD DISTRIBUTION**

*Н.И. КОВАЛЕНКО, С.Н. РАЗИН*  
*N.I. KOVALENKO, S.N. RAZIN*

(Костромской государственной технологической университет)  
(Kostroma State Technological University)  
E-mail: info@kstu.edu.ru

*В работе получено дифференциальное уравнение, описывающее изменение силы натяжения нити, лежащей на поверхности произвольной формы, в зависимости от дуговой координаты при действии на нее произвольной внешней распределенной нагрузки.*

*In this work the differential equation describing the change in the strength thread tension, lying on the surface of arbitrary shape depending on the arc coordinates the action of her arbitrary external distributed load.*

**Ключевые слова:** зажимной механизм, гибкая нить, моделирование, силы зажима.

**Keywords:** clamping mechanism, flexible string, modeling, clamping force.

Механикой нити занимались многие ученые. В основном эти работы посвящены вопросам статики и динамики либо свободной нити, либо взаимодействующей с шероховатой поверхностью, когда на нить наложена односторонняя связь [1], [2].

Возможен случай взаимодействия нити с шероховатым телом, когда она прижата к нему другим телом. Подобная схема взаи-

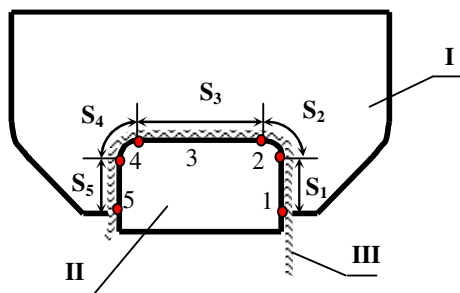


Рис. 1

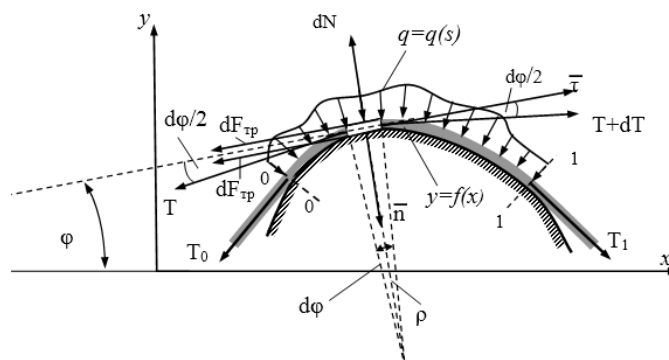


Рис. 2

Пусть, например, слой зажат между двумя шероховатыми поверхностями, профиль которых описывается уравнением  $y = f(x)$ , рис. 2 (схема сил, действующих на элементарный участок слоя волокна, лежащего на поверхности цилиндра произвольной формы, при наличии внешней распределенной нагрузки). На рисунке вторая поверхность отсутствует, а ее действие изображено в виде распределенной нагрузки  $q = q(s)$ . Решаем задачу при следующих допущениях. Будем считать слой в любом сечении ремней по длине транспортирующей секции равномерным по толщине и плотности, тонким, несминаемым и нерастяжимым. Кроме того, будем пренебрегать весом слоя, вследствие его относительной малости, а также будем считать поверхности ремней недеформируемыми. При сделанных допущениях слой волокон можно считать тканью. Согласно положениям механики нити [1]

простейшая теоретическая модель ткани представляет собой идеально гибкую материальную поверхность, имеющую нулевую толщину и нулевую жесткость при деформации изгиба. Выделив в слое полосу шириной 1 см, рассмотрим силы, действующие на нее. Поскольку волокна слоя в выделенной полоске находятся примерно в одинаковых условиях (различия заключаются в том, что по длине ремня нагрузка на него со стороны роликов, а также нагрузка на обрабатываемый слой со стороны бильных планок изменяется), то будем считать выделенную полосу слоя – нитью – предельный образ тела, поперечными размерами которого можно пренебречь. Выделим бесконечно малый участок нити и укажем силы, действующие на данном участке. Записываем уравнения равновесия в проекциях на координатные оси:

$$\sum F_x = (T + dT) \cos\left(\phi - \frac{d\phi}{2}\right) - T \cos\left(\phi + \frac{d\phi}{2}\right) - dF_{\text{тр}1} \cos \phi - dN \sin \phi - dF_{\text{мп}2} \cos \phi + dQ \sin \phi = 0, \quad (1)$$

$$\sum F_y = (T + dT) \sin\left(\phi - \frac{d\phi}{2}\right) - T \sin\left(\phi + \frac{d\phi}{2}\right) - dF_{\text{тр}1} \sin \phi + dN \cos \phi - dF_{\text{мп}2} \sin \phi - dQ \cos \phi = 0, \quad (2)$$

где  $T$  – сила натяжения в ведомой ветви нити;  $T + dT$  – сила натяжения в ведущей ветви нити;  $f$  – коэффициент трения слоя о поверхность ремня;  $dN$  – равнодействующая сил реакции цилиндра на выделенный участок нити;  $dF_{\text{тр}1}$  – элементарная сила трения выделенного участка о поверхность нижнего ремня;  $dF_{\text{тр}2}$  – элементарная сила трения выделенного участка о поверхность верхнего ремня;  $dQ$  – сила давления верхнего ремня на выделенный участок нити;  $\phi$

– угол наклона касательной к кривой  $y = f(x)$ .

$$dF_{\text{тр}1} = fdN ; dF_{\text{тр}2} = fdQ ; \\ dQ = q(s)ds = q(s)\rho d\phi ,$$

где  $q(s)$  – интенсивность распределенной нагрузки;  $ds$  – элементарный участок нити;  $s$  – дуговая координата;  $\rho$  – радиус кривизны. Учитывая, что:

$$\cos(\phi \pm \frac{d\phi}{2}) = \cos \phi \cdot \cos \frac{d\phi}{2} \mp \sin \phi \cdot \sin \frac{d\phi}{2} \approx \cos \phi \mp \frac{d\phi}{2} \sin \phi , \\ \sin(\phi \pm \frac{d\phi}{2}) = \sin \phi \cdot \cos \frac{d\phi}{2} \pm \cos \phi \cdot \sin \frac{d\phi}{2} \approx \sin \phi \pm \frac{d\phi}{2} \cos \phi .$$

Тогда в результате несложных преобразований первые два слагаемые в уравнении

ях (1) и (2) можно записать в виде:

$$(T + dT) \cos(\phi - \frac{d\phi}{2}) - T \cos(\phi + \frac{d\phi}{2}) = T \sin \phi d\phi + dT \cos \phi , \quad (3)$$

$$(T + dT) \sin(\phi - \frac{d\phi}{2}) - T \sin(\phi + \frac{d\phi}{2}) = dT \sin \phi + T \cos \phi d\phi . \quad (4)$$

Подставляя (3) и (4) в (1) и (2), получим:

$$\begin{cases} Td\phi \sin \phi + dT \cos \phi - fdN \cos \phi - dN \sin \phi - fdQ \cos \phi + dQ \sin \phi = 0 , \\ -Td\phi \cos \phi + dT \sin \phi - fdN \sin \phi + dN \cos \phi - fdQ \sin \phi - dQ \cos \phi = 0 . \end{cases} \quad (5)$$

Умножив обе части первого уравнения системы на  $\cos \phi$ , обе части второго уравнения – на  $\sin \phi$ , сложив получившиеся уравнения и приведя подобные члены,

получим:

$$dT - fdN - fdQ = 0 , \\ dN = \frac{dT - fdQ}{f} . \quad (6)$$

Подставив (6) в (5), получим:

$$Td\phi \sin \phi + dT \cos \phi - (dT - fdQ) \cos \phi + \frac{dT - fdQ}{f} \sin \phi - fdQ \cos \phi + dQ \sin \phi = 0 .$$

Или:

$$Td\phi \sin \phi + dT \cos \phi - dT \cos \phi + fdQ \cos \phi - \frac{dT}{f} \sin \phi - fdQ \cos \phi + dQ \sin \phi + dQ \sin \phi = 0 .$$

После приведения подобных членов уравнение примет вид:

$$T \sin \phi d\phi - \frac{dT}{f} \sin \phi + 2dQ \sin \phi = 0.$$

Так как

$$dQ = q(s)ds = q(s)\rho d\phi,$$

где  $\rho = \rho(s)$  – радиус кривизны линии сопряжения в точке с координатой  $s$ , то

$$T d\phi - \frac{dT}{f} + 2q(s)\rho d\phi = 0,$$

или

$$dT = f[T + 2q(s)\rho]d\phi.$$

Тогда

$$\frac{dT}{d\phi} - fT = 2q(s)\rho f. \quad (7)$$

Полученное уравнение представляет собой дифференциальное уравнение, описывающее изменение силы натяжения в зависимости от дуговой координаты. Решение уравнения в общем случае невозможно, поскольку для этого необходимо задать конкретный вид профиля кривой.

Рассмотрим частный случай решения этого уравнения. Если в формуле (7)  $\rho = \text{const}$ , то это соответствует случаю, когда поверхность сопряжения является цилиндрической с радиусом  $R$ .

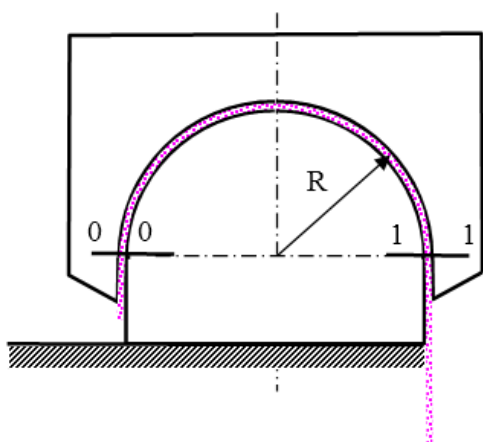


Рис. 3

В этом случае  $\rho = R = \text{const}$ . Это имеет место, как отмечалось выше, при взаимодействии слоя льна с поверхностями ремней зажимного механизма в процессе трения на участках 2 и 4 (рис. 1), или в случае, если слой зажат между поверхностями, показанными на рис. 3 (возможный профиль сечения поверхностей, взаимодействующих с нитью).

Учитывая, что  $ds = R d\phi$ , уравнение (7) примет вид:

$$\frac{dT}{ds} - \frac{f}{R}T = 2fq(s). \quad (8)$$

Данное уравнение является линейным дифференциальным уравнением. Его общее решение имеет вид:

$$T = e^{\int_0^s \frac{f}{R} ds} \left( \int_0^s 2fq(s) e^{-\int_0^s \frac{f}{R} ds} ds + C \right). \quad (9)$$

Постоянную интегрирования найдем из условия: при  $s = 0$   $T = T_0$ , где  $T_0$  – сила натяжения слоя в ведомой ветви (в сечении 0-0) (рис. 2). Тогда  $C = T_0$  и решение (9) примет вид:

$$T = e^{\frac{f}{R}s} \left( \int_0^s 2fq(s) e^{-\frac{f}{R}s} ds + T_0 \right). \quad (10)$$

По формуле (10) можно определить предельную силу натяжения пряжи в любом сечении. Например, для рис. 3 в сечении 1-1 сила натяжения определится по формуле:

$$T = e^{f\pi} \left( \int_0^{f\pi} 2fq(s) e^{-\frac{f}{R}s} ds + T_0 \right).$$

## ВЫВОДЫ

1. Получено дифференциальное уравнение, описывающее изменение силы натяжения нити, лежащей на поверхности произвольной формы, в зависимости от дуговой координаты при действии на нее

произвольной внешней распределенной нагрузки.

2. Получено аналитическое решение этого уравнения для случая взаимодействия нити с цилиндрической круговой поверхностью при действии на нее произвольной внешней распределенной нагрузки.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Мигушов И.И. Механика текстильной нити и ткани. – М.: Легкая индустрия, 1980.

2. Щербаков В.П. Прикладная механика нити. – М.: МГТУ, 2001.

#### REFERENCES

1. Migushov I.I. Mehanika tekstil'noj niti i tkani. – М.: Legkaya industriya, 1980.

2. Werbakov V.P. Prikladnaya mehanika niti. – М.: MGТУ, 2001.

Рекомендована кафедрой инженерной графики, теоретической и прикладной механики. Поступила 12.11.14.

УДК 677.05

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГОФРИРУЮЩЕГО МЕХАНИЗМА

### DETERMINATION SOME GEOMETRIC CHARACTERISTICS OF CORRUGATING MECHANISM

О. Д. ЕГОРОВ  
O. D. EGOROV

(Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»  
(Moscow State University of Technology "STANKIN")

E-mail: egorovod@yandex.ru

*В статье представлены результаты исследования гофрирующего механизма машины типа ОВГ. Приведена методика определения величины зазора между дисками в зависимости от механических свойств волокна и дисков.*

*The article presents the results of research of the corrugate mechanism machine type OVG. Represented technique of definition gap size between the discs, depending on the mechanical properties fibers and discs.*

**Ключевые слова:** гофрирующий механизм, нить, диск, зазор.

**Keywords:** corrugating mechanism, fiber, disc, gap.

При гофрировании нити способом прессования ее подачу в зону деформирования осуществляют при помощи двух дисков, оси которых перпендикулярны продольной оси нити, вращающихся с угловой скоростью  $\Omega$ .

Так как нить в процессе работы гофрирующего механизма находится в натянутом состоянии, то в идеальном случае она поступает в зазор  $h$  между дисками в виде

слоя волокон, толщина которого равна диаметру  $D_1$  одного волокна. Для захвата нити дисками величину зазора устанавливают меньше диаметра волокна. При этом происходит его поперечная деформация. Для сохранения начальной прочности волокна деформация должна быть упругой, то есть после выхода из зазора толщина слоя волокон сохраняет свой первоначальный размер  $D_1$ .

Целью данной работы является определение условий захвата волокна и требуемого зазора между дисками, необходимого для обеспечения качественной подачи нити в зону деформирования.

Установим зазор между дисками меньше толщины волокна:

$$h = D_1 - 2\Delta, \quad (1)$$

где  $\Delta$  – смещение каждого диска, необходимое для захвата и продвижения волокна.

Процесс захвата и подачи нити обеспечивают силы трения между рабочими поверхностями дисков и нити.

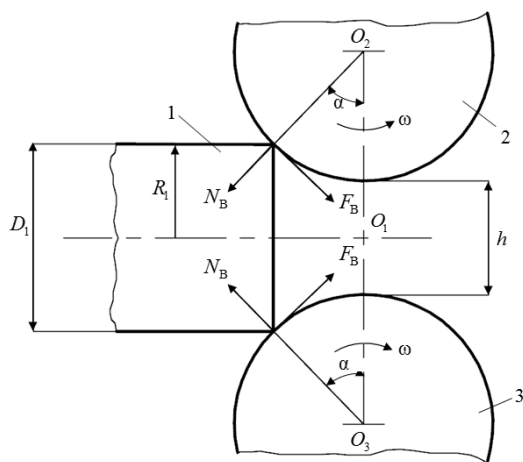


Рис. 1

Рассмотрим условия захвата одного волокна 1 дисками 2 и 3 (рис. 1 – момент захвата волокна дисками). В момент захвата силой инерции волокна пренебрегаем. Натяжение волокна отсутствует. При этом на волокно действуют нормальные  $N_B$  и касательные  $F_B$  силы, связанные между собой соотношением:

$$F_B = N_B \operatorname{tg} \alpha, \quad (2)$$

где  $\alpha$  – угол захвата волокна дисками.

Но касательная сила не может быть больше силы трения  $F_T$ , то есть:

$$F_B \leq F_T = N_B f, \quad (3)$$

где  $f$  – коэффициент трения между материалами дисков и волокна.

Из совместного решения (2) и (3) находим условие захватывания волокна:

$$\alpha \leq \operatorname{arctg} f.$$

При этом радиусы дисков можно определить из условия:

$$R_2 = R_3 \geq \frac{R_1}{1 - \cos \alpha},$$

где  $R_1$  – радиус волокна.

После захвата дисками волокна оно натягивается силой:

$$F_0 = \frac{F}{n},$$

где  $F$  – сила натяжения нити;  $n$  – число волокон в нити. В зоне контакта возникают силы нормального давления  $N_0$  и движущие силы  $F_{до}$  (рис. 2 – установившийся процесс движения волокна).

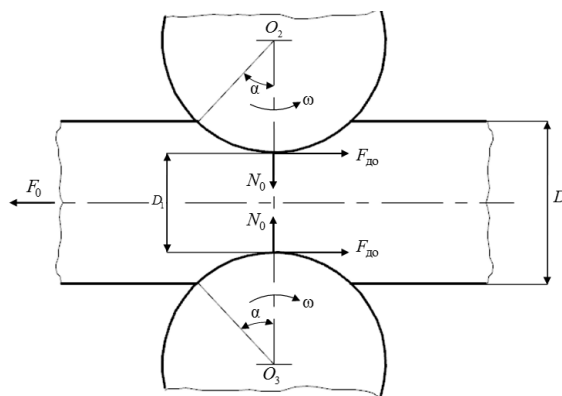


Рис. 2

Для осуществления движения волокна необходимо, чтобы движущие силы  $2 F_{до}$  были больше силы натяжения  $F_0$ . Движущими силами являются силы трения, то есть  $F_{до} = F_{то}$ .

Тогда:

$$F_{то} = N_0 f \geq \frac{F_0}{2},$$

где  $N_0$  – сила нормального давления между диском и волокном. Откуда сила нормального давления:

$$N_0 \geq \frac{F_0}{2f}. \quad (4)$$

В точке  $O$  первоначального соприкосновения волокна и диска (рис. 3 – взаимодействие волокна и диска) выбираем две

системы координат  $xz_1$  и  $xz_2$  так, чтобы оси  $z_1$  и  $z_2$  были направлены по общей нормали к соприкасающимся поверхностям внутрь каждого из тел. На поверхностях волокна и диска возьмем точки  $M_1$  и  $M_2$ , отстоящие от оси  $O_1O_2$  на расстояние  $m$  и между собой на расстояние  $z$ . Так как модуль упругости первого рода  $E_2$  материала диска значительно больше модуля упругости первого рода  $E_1$  материала волокна, то деформироваться будет только волокно.

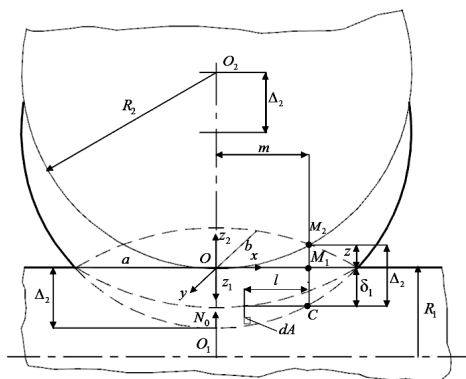


Рис. 3

Волокно и диск представляют собой цилиндры со взаимно перпендикулярными осями. Поэтому при деформировании волокна возникает пятно контакта в виде полуэллипсоида, а контуры площадок контакта будут представлять собой систему подобных эллипсов с полуосями:  $a$  – по оси  $x$ ,  $b$  – по оси  $y$  и с центром в начале координат  $O$ , описываемыми уравнением [2]:

$$z = \frac{x^2}{2R_1} + \frac{y^2}{2R_2}. \quad (5)$$

Если полуось  $a$  наибольшего эллипса контакта, лежащего в плоскости первоначального соприкосновения диска и волокна, будет равна или больше расстояния  $m$  от оси  $O_1O_2$  до точек  $M_1$  и  $M_2$ , то есть  $a \geq m$ , то эти точки придут в соприкосновение и дальше будут совместно перемещаться.

Условие перемещения точки  $M_1$  можно записать в виде:

$$\Delta_2 = z + \delta_1, \quad (6)$$

где  $\delta_1$  – упругая деформация волокна, определяемая по выражению [2]:

$$\delta_1 = K_1 \int_A \frac{P dA}{\ell}, \quad (7)$$

$K_1$  – коэффициент, обобщающий свойства материала волокна:

$$K_1 = \frac{1 - \mu_1^2}{\pi E_1}, \quad (8)$$

$\mu_1$  – коэффициент Пуассона материала волокна;  $P$  – нормальное давление на элементарной площадке площади контакта;  $dA$  – элементарная площадка площади контакта;  $\ell$  – расстояние от точек  $M_1$  и  $M_2$ , в которых определяем перемещение, до точки приложения элементарной силы  $P, dA$ .

Решая совместно (5), (6) и (7), получим:

$$\Delta_2 - \frac{x^2}{2R_1} - \frac{y^2}{2R_2} = K_1 \int_A \frac{P dA}{\ell}. \quad (9)$$

Давление  $P$  в произвольной точке площадки контакта с координатами  $x$  и  $y$  выражают зависимостью [1]:

$$P = \frac{3N_0}{2\pi ab} \sqrt{1 - \left(\frac{x}{a}\right)^2 - \left(\frac{y}{b}\right)^2}. \quad (10)$$

Подставляя значение давления  $P$  из выражения (10) в зависимость (9), после преобразований найдем величину смещения диска  $\Delta_2$  [3]:

$$\Delta_2 = 0,655\lambda^3 \sqrt{\frac{N_0^2}{R_1} K_1^2}, \quad (11)$$

где  $\lambda = K \sqrt{\frac{4}{\pi^2 L \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right)}}$ ;  $K, L$  – полные эллиптические интегралы первого и второго

рода [2]. Графическая зависимость

$\lambda = f\left(\frac{R_1}{R_2}\right)$  изображена на рис. 4.

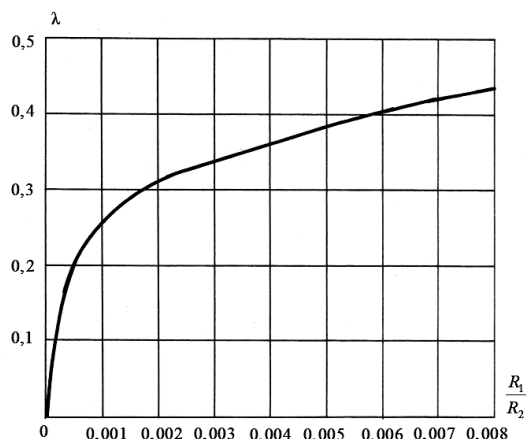


Рис. 4

Решая совместно (4), (8) и (11), определяем окончательно величину смещения диска 2:

$$\Delta_2 \geq 0,413\lambda^3 \sqrt{\frac{1}{R_1} \left(\frac{F_0}{f}\right) \left(\frac{1-\mu_1^2}{E_1}\right)^2}. \quad (12)$$

Смещение диска 3 будет таким же.

Смещение дисков нужно выбирать близким к расчетной величине. При значительном его превышении возникнут пластические деформации волокна, что может привести к снижению его прочности.

Величину зазора между дисками находим из совместного решения (1) и (12):

$$h \leq D_1 - 0,826\lambda^3 \sqrt{\frac{1}{R_1} \left(\frac{F_0}{f}\right) \left(\frac{1-\mu_1^2}{E_1}\right)^2}. \quad (13)$$

Из формулы (13) видно, что зазор между дисками зависит от механических свойств волокна, силы его натяжения и коэффициента трения между дисками и волокном.

## ВЫВОДЫ

Результаты исследования могут быть использованы как при проектировании новых гофрирующих механизмов, так и при эксплуатации существующих машин.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Прочность, устойчивость, колебания. Справочник. – В 3-х т. Т II / Под ред. И.А. Биргера, Я.С. Пановко. – М.: Машиностроение, 1968.
2. Расчеты на прочность в машиностроении. Справочник. – В 3-х т. Т. II / Под ред. С.Д. Пономарева. – М.: Машиностроение, 1959.
3. Писаренко Г.С., Яковлев А.П., Матвеев В.В. Справочник по сопротивлению материалов. – К.: Наукова думка, 1975.

## REFERENCES

1. Prochnost', ustojchivost', kolebaniya. Spravochnik. – V 3-h t. T II / Pod red. I.A. Birgera, Ya.S. Panovko. – M.: Mashinostroenie, 1968.
2. Raschety na prochnost' v mashinostroenii. Spravochnik. – V 3-h t. T. II / Pod red. S.D. Ponomareva. – M.: Mashinostroenie, 1959.
3. Pisarenko G.S., Yakovlev A.P., Matveev V.V. Spravochnik po soprotivleniyu materialov. – K.: Naukova dumka, 1975.

Рекомендована кафедрой робототехники и мехатроники. Поступила 12.11.14.



УДК 625.877:69.01

**АНАЛИЗ РЕШЕНИЙ ПО ТЕХНОЛОГИИ МОНТАЖА КОНСТРУКЦИЙ  
ДЛЯ МАЛОЭТАЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА  
ИЗ НЕСЪЕМНОЙ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОПАЛУБКИ  
НА ОСНОВЕ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**DECISION ANALYSIS ON THE TECHNOLOGY OF MOUNTING STRUCTURES  
FOR LOW-RISE CONSTRUCTION  
OF A FIXED CONSTRUCTION FORMWORK  
ON THE BASIS OF TEXTILE MATERIALS**

*Р.М. АЛОЯН, К.В. СТРОКИН, А.Б. ПЕТРУХИН, С.В. ФЕОФАНОВ*  
*R.M. ALOYAN, K.V. STROKIN, A.B. PETRUKHIN, S.V. FEOFANOV*

(Ивановский государственный политехнический университет)  
(Ivanovo State Polytechnic University)  
E-mail: strokin07@rambler.ru

*В статье представлены результаты анализа достоинств применения ресурсо- и энергосберегающей технологии применения несъемной опалубки на основе текстильных материалов в строительстве. Обоснована техническая возможность и экономическая целесообразность расширения сферы применения технологии TextStone.*

*The article presents the results of the analysis of the merits of the application of resource-saving technologies of use of permanent formwork on the basis of textile materials in construction. Justified technical and economical feasibility of expanding the use of technology TextStone.*

**Ключевые слова:** текстильные материалы, химические текстильные волокна, текстбетон, текстопалубка, технология TextStone, строительство, ресурсо- и энергосбережение.

**Keywords:** textile materials, chemical fiber textile, textbutton, textually, technology TextStone, construction, resource and energy saving.

В России и в других странах мира остро стоит проблема высокой стоимости жилья. Основной причиной указанной проблемы является несовершенство строительных материалов и способов монтажа зданий, которые имеют высокие материа-

лоемкость, трудоемкость и низкое качество. Для решения задач снижения себестоимости строительства, сокращения сроков монтажа и увеличения срока службы конструкций создаются все новые технологии возведения зданий [5...7], [9], [10].

Предлагаются способы быстрого строительства с использованием видов несъемной опалубки.

Несъемная опалубка – блоки или панели из различных материалов, которые монтируются в единую опалубочную конструкцию, – форму для укладки монолитного железобетона. Ускоряет и упрощает строительство за счет объединения нескольких операций в одном технологическом цикле (несущая стена с нужным сопротивлением теплопередаче возводится за один технологический цикл). Несъемная опалубка после схватывания в ней бетона становится функциональной частью конструкции готовой стены. Технология строительства с несъемной опалубкой позволяет строить абсолютно любые объекты: жилые, общественные, специального назначения [4], [8], [12].

На сегодняшний день эта технология превосходит все известные способы строительства по теплозащите, звукоизоляции, комфортности, простоте, долговечности, скорости и стоимости строительства. Способ возведения стен с использованием несъемной опалубки представляет собой гибрид двух технологий монолитного домостроения и возведения стен из пустотных блоков [11], [12].

Одной из ее разновидностей является текстбетон. Текстбетон (TextStone) – это "текстильный камень", содержащий вяжущее вещество с армированной прочной текстильной оболочкой. Инновационной строительной технологии по производству и монтажу текстбетонных зданий нового поколения присвоен бренд TextStone. Технология TextStone разработана с применением трех групп изобретений строительного назначения: текстопалубка, способ монтажа зданий и сооружений из несъемных текстопалубок, инновационный строительный материал текстбетон. Данные изобретения по инновационной текстильной несъемной строительной опалубке принадлежат Лобаеву Н.В. [3], что подтверждено соответствующими патентами [1], [2]. Изобретение способа монтажа монолитных текстбетонных зданий и сооружений нового поколения разрабатывается

для жилищно-гражданского, промышленного, транспортного, гидротехнического и сельскохозяйственного назначения, а также более легких и прочных корпусов автотранспортной техники, речных и морских судов, дирижаблей, самолетов, вертолетов, космических станций.

Способ монтажа текстбетонных зданий и сооружений заключается в сборке из комплекта текстопалубок пустотелого каркаса монтируемой строительной конструкции, содержащей оконные и дверные блоки и все системы инженерного жизнеобеспечения, которая непрерывно заполняется раствором вяжущего вещества и уже после его твердения, сопровождающегося образованием прочных адгезионных связей, становится готовой к сдаче в эксплуатацию.

Все существующие компьютерные программы проектирования, как и методики расчета прочностных характеристик известных строительных конструкций из дерева, камня, кирпича, бетона, железобетона, металлов, пластмасс и их комбинаций, неприемлемы для проектирования и расчета прочностных характеристик и текстбетонных зданий и сооружений.

Поэтому существует необходимость разработки специальной компьютерной программы для проектирования текстбетонных зданий и сооружений, связанная с применением текстопалубок для сборки пустотелых герметичных каркасов их строительных конструкций, которые заполняются раствором вяжущего вещества в процессе осуществления способа монтажа. Также необходимость разработки и применения специальной теории расчета прочностных характеристик текстбетонных строительных конструкций объясняется содержанием у текстбетона преднапряженной армирующей текстильной оболочки, воспринимающей испытываемые нагрузки на растяжение и сжатие, что отсутствует у известных строительных материалов.

Текстбетон – это искусственный камень строительного назначения, содержащий на внешней поверхности армирующую мелкосетчатую оболочку с мно-

гофункциональными свойствами, образованную переплетенными нитями жизнестойкого несъемного опалубочного текстильного материала, адгезированного вяжущим веществом.

Принципиальное отличие текстбетон от железобетон и всех известных строительных материалов заключается в том, что вся внешняя поверхность затвердевших вяжущих веществ оказывается защищенной прочными, жизнестойкими и недорогими несъемными опалубочными текстильными материалами (сокращенное название НОТМ). НОТМ могут изготавливаться из разнообразной пряжи, которая может содержать известные минеральные, лубяные, химические, углеродные, смесовые и прочие волокна. Для изготовления НОТМ применяются минеральные (базальтовые, кремнеземные и пр.) и лубяные (льняные, пеньковые, джутовые и пр.) нити, которые обладают дешевизной, прочностью, жизнестойкостью и долговечностью, а также комплексом энергосберегающих, огнестойких, санитарно-экологических и дизайнерских преимущественных характеристик. В случае текстбетонных зданий жилого назначения для изготовления НОТМ следует применять базальтовую и льняную пряжу, что обеспечивает возводимым строительным конструкциям сочетание свойств камня и дерева и, следовательно, безупречные санитарно-гигиенические и экологические свойства, высокую огнестойкость, прочность и долговечность. Минеральное волокно изготавливается из кремниевых и базальтовых пород в серийных печах, и для производства минеральной пряжи используется серийное текстильное оборудование, которое сматывает минеральную пряжу на катушки весом 9 кг. Лубяное волокно производят за счет переработки лубяных растениеводческих культур (льна, конопли, джута, кенафа и пр.). На серийном текстильном оборудовании производится лубяная пряжа.

Химические текстильные волокна производят за счет полимеризации углеводородного сырья. Прочность НОТМ на разрыв составляет 100 кгс, то есть не уступает

прочности стали и превосходит ее по жизнестойкости, огнестойкости и энергосберегающим характеристикам (теплопроводность в 2,5 раза ниже, чем у асбеста – 0,16 Вт/м<sup>3</sup>).

Конструкция текстопалубки состоит из оболочки, изготавливаемой из несъемных опалубочных текстильных материалов и арматуры. Конструкция оболочки текстопалубки содержит рукава, припуска и может состоять из двух сборных частей. Конструкция текстопалубки содержит арматуру. Арматура подразделяется на ребра жесткости с монтажными отверстиями (полые трубы квадратного сечения 100×100×3 мм, ГОСТ Р 54157–2010), которые устанавливаются в рукава оболочки текстопалубки, и дополнительную составную арматуру (полая труба бесшовная горячедеформированная  $d = 42$  мм, ГОСТ 8731–74), которая устанавливается в монтажные отверстия на ребрах жесткости. Рукава текстильных оболочек опалубки обеспечивают надежное крепление ребер жесткости к самой оболочке текстопалубки. Дополнительная составная арматура, установленная в монтажные отверстия рукавов с ребрами жесткости, надежно крепится к оболочке текстопалубки с помощью системы фитингов (гаек, шайб, металлических корпусов).

В зависимости от способа сборки конструкция текстопалубки может быть многоуровневой и одноуровневой. Текстопалубки могут соединяться между собой путем установки дополнительной составной арматуры в совмещенные монтажные отверстия рукавов оболочки с ребрами жесткости двух или большего числа текстопалубок, образуя таким образом высокопрочные шарнирные узлы. Полая металлическая труба круглого сечения проходит через ребра жесткости металлических полых труб квадратного сечения, тем самым образуя шарнирное соединение. Текстопалубки стен соединяются при помощи полых металлической трубы круглого сечения  $d = 42$  мм, которая проходит через общее для двух стен ребро жесткости (корпус) – металлическую полую трубу квадратного сечения 100×100 мм.

Полая металлическая труба круглого сечения проходит через ребра жесткости металлических полых труб квадратного сечения, тем самым образуя соединение. В состав работ на монтаж каркаса текстбетонного здания по инновационной технологии TextStone входят следующие мероприятия.

1. Планировка площадки.
2. Снятие растительного слоя (0,5 м).
3. Засыпка песком-щебнем (0,3 м).
4. Раскладка в развертку несъемных опалубок из текстильных материалов.
5. Сборка и соединение несъемных опалубок из текстильных материалов для фундаментной плиты.
6. Сборка и соединение несъемных опалубок фундамента и стен 1-го этажа за счет шарнирных соединений.
7. Сборка и соединение несъемных опалубок стен 1-го этажа с опалубками перекрытия 1-го этажа, стенами 2-го этажа за счет шарнирных соединений.
8. Сборка и соединение несъемных опалубок стен 2-го этажа и кровли за счет шарнирных соединений.
9. Прокладка инженерных сетей по всем опалубкам (осуществляется параллельно с монтажом текстопалубок).
10. Соединение трубных выпусков, которые выводятся под текстопалубки под отмостку здания.
11. Подъем конструкций здания из развертки в вертикальное положение за счет использование крана с минимальной грузоподъемностью и вылетом стрелы для данного объекта 2-этажного дома с площадью 200 м<sup>2</sup>. Собранные текстопалубки в развертке, соединенные между собой шарнирными соединениями, поднимаются без использования дорогостоящей техники за счет подвижных и прочных шарнирных соединений в вертикальное положение, растягиваются и крепятся трубными фитингами.
12. После полной сборки и поднятия конструкции здания тканевые выпуски оболочек прошиваются портативными мешкосшивальными машинками и степлером, прошиваются оконные и дверные проемы.

13. Крепление плинтусов, карнизов и внешних накладных элементов.

В начале строительства комплект текстопалубок, необходимый для строительства малоэтажного здания, доставляется на место строительства в свернутом виде, что позволяет минимизировать транспортно-складские издержки. Из легковесных текстопалубок оперативно собирается не заглубляемый в грунт пустотелый каркас "плавающего" фундамента здания. К каркасу фундамента шарнирными соединениями, с использованием труб и фитингов, которые просовываются в отверстия ребер жесткости текстопалубок, пристыковываются текстопалубки стен и перегородок, и, аналогично, текстопалубки перекрытий и мансардного этажа, образующие лежащую на грунте развертку всех конструктивных элементов здания.

Сборка еще не заполненных бетоном оболочек напоминает сборку развертки картонной коробки, выполняемую последовательно. Предлагаемая оболочка обеспечивает возможность применения различных архитектурных решений в зависимости от ее раскроя. Собранные из текстопалубок легковесная развертка конструкций здания без использования дорогостоящей техники за счет подвижных и прочных шарнирных соединений поднимается в вертикальное положение, растягивается и крепится трубными фитингами. При этом образуется каркас. К трубам шарнирных соединений подсоединяются трубные выпуски, которые выводятся под текстопалубки под отмостку здания. Таким образом, создается трубная система для заполнения пустотелого каркаса здания вяжущим веществом. В смонтированном каркасе здания прокладываются все инженерные сети, устанавливаются оконные и дверные блоки.

После полной сборки конструкции тканевые выпуски оболочек прошиваются портативными мешкосшивальными машинками. Далее крепятся плинтусы, карнизы и внешние накладные элементы, которые дополнительно повышают прочность герметизирующих сшивных швов. Затем на строительную площадку подго-

няется мобильный растворный узел со шлангами, которые подключаются к трубным выпускам трубной системы каркаса здания, и по ним подается раствор легкого вяжущего вещества. Через небольшие отверстия в трубах легкое вяжущее вещество заполняет сообщающиеся оболочки текстопалубок. Прочностные характеристики НОТМ позволяют надежно удерживать раствор бетона и при этом пропускать воздух во время операции бетонирования (это свойства пенькового волокна).

Такое высокое техническое совершенство текстопалубок, текстбетонных и методики бетонирования позволяет архитекторам создавать более совершенные конструкции зданий и новые архитектурные стили, которые в настоящее время недоступны всем строительным материалам, используемым в современной строительной отрасли. Продолжительность работы монтажа одной текстопалубки 6×4 м составляет 2 часа. Модули текстопалубок, используемые для строительства текстбетонного здания площадью 192 м<sup>2</sup>, имеют разные размеры (6×4 м, 4×4 м, 6×6 м), но основной размер 6×4 м (берется усредненное количество модулей – 34 шт). Значит, на монтаж всего дома требуется 34 шт. × 2 часа = 68 часов = 8,5 дней (принимая, что рабочие трудятся в одну смену 8 часов). Это доказывает, что с применением данной технологии мы сможем сократить сроки монтажа зданий.

По расчетам патентообладателя себестоимость 1 м<sup>2</sup> составляет 8 тыс. рублей, включая все основные инженерные системы в доме. Стоимость на продажу 1 м<sup>2</sup> планируется установить 10 тыс. рублей. При применении нового и совершенного строительного материала текстбетона стоимость малоэтажных текстбетонных зданий жилого назначения площадью 100 м<sup>2</sup>, с учетом их эксплуатационной готовности, не будет превышать стоимости автомобиля среднего класса, а стоимость квартиры будет еще ниже. Таким образом, комфортное жилье перестанет быть предметом роскоши для населения с невысокими доходами.

Инновационная строительная технология TextStone позволяет не только повысить качество строительства, но и дает возможность снижения себестоимости зданий и сооружений, уменьшения эксплуатационных издержек, сокращения сроков монтажа и окупаемости зданий из текстбетонных. Благодаря таким физико-механическим, эксплуатационным и санитарно-экологическим характеристикам конструкции, продолжительному сроку службы и сокращенным срокам монтажа текстбетон имеет большую дальнейшую перспективу развития и применения в будущем.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Лобаев Н.В.* Описание изобретения к патенту № 2323308 (2008.04.27) "Несъемная строительная опалубка".
2. *Лобаев Н.В.* Описание изобретения к патенту № 2380497 (2010.01.27) "Несъемная строительная опалубка".
3. *Лобаев Н.В.* Изложение технико-экономического обоснования инновационного проекта "Создание научно-производственного объединения ТекстБетон с целью промышленного внедрения в мировую строительную отрасль группы изобретений по проектированию, производству и монтажу текстбетонных зданий и сооружений нового поколения жилищно-гражданского промышленного, транспортного, гидротехнического и сельскохозяйственного назначения, необходимых для застройки доступной и комфортной социально-экономической инфраструктуры, возводимой в соответствии с регламентами инновационной строительной технологии TextStone".
4. *Маркевич А.Ф.* Несъемная опалубка монолитных железобетонных конструкций. – М.: Стройиздат, 1986.
5. *Петрухин А.Б., Матрохин А.Ю., Карева Т.Ю., Гусев Б.Н.* Стратегия научно-методического и технического обеспечения выпуска тканей и изделий из натуральных и синтетических волокон // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, № 6. С. 30...35.
6. *Петрухин А.Б., Алоян Р.М., Опарина Л.А., Ставрова М.В.* Интегральный показатель энергоэффективности как основа организационного механизма строительства и эксплуатации энергоэффективных зданий // Жилищное строительство. – 2012, № 3. С. 46...48.

7. Петрухин А.Б., Алоян Р.М., Опарина Л.А., Ставрова М.В. Функциональное моделирование как организационный инструмент проектирования, строительства и эксплуатации энергоэффективных зданий // Жилищное строительство. – 2012, № 2. С.2...5.

8. Системы несъемной опалубки // СтройПРО-Филь. – 2009, №3.

9. Строкін К.Б., Кудрявцева И.И. Современные тенденции развития рынка малоэтажного жилищного строительства в России // Ученые записки ФЭиУ. Вып.24 – Иваново: ИГАСУ, 2013.

10. Строкін К.Б., Кудрявцева И.И. Малоэтажное строительство, как основной момент решения жилищной проблемы в Ивановском регионе. Российские регионы в условиях перемен: исторический опыт и современность // Сб. тр. IV научн.-практ. конф. – Иваново, 2013.

11. Чернова К.А., Параничева Н.В. Несъемная опалубка на основе текстильных материалов // Инженерно-строительный журнал. – 2010, №4.

12. ГОСТ Р 52085–2003. Опалубка. Общие технические условия.

#### REFERENCES

1. Lobaev N.V. Opisaniye izobreteniya k patentu №2323308 (2008.04.27) "Nes"emnaya stroitel'naya opalubka".

2. Lobaev N.V. Opisaniye izobreteniya k patentu №2380497 (2010.01.27) "Nes"emnaya stroitel'naya opalubka".

3. Lobaev N.V. Izlozheniye tekhniko-jekonomicheskogo obosnovaniya innovacionnogo proekta "Sozdaniye nauchno-proizvodstvennogo ob"edineniya TekstBeton s cel'yu promyshlennogo vnedreniya v mirovuyu stroitel'nuyu otrasl' gruppy izobreteniy po proektirovaniyu, proizvodstvu i montazhu tekstbetonnyh zdaniy i sooruzheniy novogo pokoleniya zhilishhno-grazhdanskogo promyshlennogo, transportnogo, gidrotehnicheskogo i sel'skohozjajstvennogo naznacheniya, neobhodimyyh dlja zastroyki dostupnoy i komfortnoy social'no-jekonomicheskoy infrastruktury, vozvodimoy v sootvetstviy s reglamentami

innovacionnoy stroitel'noj tehnologii TextStone".

4. Markevich A.F. Nes"emnaya opalubka monolitnyh zhelezobetonnyh konstrukcij. – M.: Strojizdat, 1986.

5. Petruhin A.B., Matrohin A.Ju., Kareva T.Ju., Gusev B.N. Strategiya nauchno-metodicheskogo i tehničeskogo obespecheniya vypuska tkaney i izdeliy iz natural'nyh i sinteticheskikh volokon // Izv. vuzov. Tehnologiya tekstil'noj promyshlennosti. – 2013, № 6. S. 30...35.

6. Petruhin A.B., Aloyan R.M., Oparina L.A., Stavrova M.V. Integral'nyj pokazatel' jenergojefektivnosti kak osnova organizacionnogo mehanizma stroitel'stva i jekspluatacii jenergojefektivnyh zdaniy // Zhilishhnoe stroitel'stvo. – 2012, № 3. S. 46...48.

7. Petruhin A.B., Aloyan R.M., Oparina L.A., Stavrova M.V. Funkcional'noe modelirovaniye kak organizacionnyj instrument proektirovaniya, stroitel'stva i jekspluatacii jenergojefektivnyh zdaniy // Zhilishhnoe stroitel'stvo. – 2012, № 2. S. 2...5.

8. Sistemy nes"emnoj opalubki // StrojPROFIL'. – 2009, №3.

9. Strokін K.B., Kudrjavceva I.I. Sovremennyye tendencii razvitija rynka malojetazhnogo zhilishhnogo stroitel'stva v Rossii // Uchenyye zapiski FJeIU. Vyp.24 – Ivanovo: IGASU, 2013.

10. Strokін K.B., Kudrjavceva I.I. Malojetazhnoe stroitel'stvo, kak osnovnoj moment resheniya zhilishhnoj problemy v Ivanovskom regione. Rossijskie regiony v uslovijah peremen: istoricheskij opyt i sovremennost' // Sb. tr. IV nauchn.-prakt. конф. – Ivanovo, 2013.

11. Chernova K.A., Paranicheva N. V. Nes"emnaya opalubka na osnove tekstil'nyh materialov // Inzhenerno-stroitel'nyj zhurnal. – 2010, №4.

12. GOST R 52085–2003. Opalubka. Obshhie tehničeskyye uslovija.

Рекомендована кафедрой организации производства и городского хозяйства. Поступила 02.02.15.

## ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ МЕДИЦИНСКИХ РУКАВОВ ИЗ ВЫСОКОЭЛАСТИЧНЫХ НИТЕЙ

### RESEARCH OF PROPERTIES OF MEDICAL SLEEVES FROM HIGHLY ELASTIC THREADS

*М.Е. ГЛУШКОВА, Б.Б. СТРОГАНОВ*  
*M.E. GLUSHKOVA, B.B. STROGANOV*

(Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г.Разумовского)  
(Moscow State University of Technologies and Management named after K.G. Razumovsky)  
E-mail: mglushkova@mail.ru, bbstrog@mail.ru

*Проведено исследование физико-механических свойств медицинских компрессионных рукавов, выработанных из латексной и эластомерной полиуретановой нитей, которое показало, что свойства рукавов из эластомерной полиуретановой нити превосходят по ряду показателей свойства рукавов из латексной нити.*

*A study of the physical and mechanical properties of medical compression sleeves produced from latex and polyurethane elastomeric yarns, which showed that the properties of an elastomeric polyurethane hose threads are superior in a number of indicators of the properties of the latex sleeve thread.*

**Ключевые слова:** медицинские рукава, свойства, компрессия, давление.

**Keywords:** medical sleeves, properties, compression, pressure.

В связи с широким использованием для производства медицинских изделий различных видов высокоэластичных нитей возникла необходимость сравнения свойств медицинских изделий, изготовленных с использованием различных видов высокоэластичных нитей.

Для проведения испытаний были выбраны медицинские рукава для фиксации голеностопного сустава, 1 класса компрессии (6...14 мм рт. ст), ГОСТ Р 51219–98. Рукава были изготовлены: из латексной нити  $d = 0,25$  с двойной оплеткой полиамидной нитью 5/2 текс и эластомерной полиуретановой нити (лайкры) 310 dtex с двойной оплеткой полиамидной нитью 78/24/1 dtex, одинарным футерованным переплетением. Вязание осуществлялось на одноцилиндровом четырехсистемном автомате Pen-dolina Super фирмы Matec (Италия), диаметром цилиндра 5", количеством игл – 348 и максимальной частотой вращения при вязании глади – 600 мин<sup>-1</sup>.

Все выработанные образцы подверглись физико-механическим испытаниям по стандартным методикам. Механические характеристики определялись на разрывной машине РТ-250М. Устойчивость к воздействию климатических факторов определяли в сушильной камере с выдержкой: при температуре минус 50°C, при нормальных климатических условиях и при температуре плюс 50°C в течение 12 часов каждое испытание.

Результаты испытаний представлены в табл. 1 и 2.

Анализ результатов физико-механических испытаний показал, что рукава, изготовленные с использованием эластомерной полиуретановой нити, имеют меньшую поверхностную плотность и большую растяжимость по сравнению с рукавами, изготовленными с использованием латексной нити.

Т а б л и ц а 1

№	Наименование испытаний	Норма по техническим документам	Виды эластомерных нитей	
			латекс d = 0,25	лайкра 310 dtex
1	Поверхностная плотность, г/м <sup>2</sup>	320,0...450,0	398,9	364,8
2	Разрывная нагрузка, Н: - до стирки; - после стирки	не менее 20,0	35,0	35,6
			33,2	33,5
3	Разрывное удлинение, %: - до стирки; - после стирки	не менее 80,0	190	210
			180	200
4	Усадка после первой стирки, %	не более 20,0	2	2
5	Остаточная деформация, % - до стирки; - после стирки	не более 10,0	0	2
			1	3

Т а б л и ц а 2

№	Наименование испытаний	Норма по техническим документам	Виды эластомерных нитей	
			латекс d = 0,25	лайкра 310 dtex
1	Разрывная нагрузка, Н	не менее 20,0	33,0	33,2
2	Разрывное удлинение, %	не менее 80,0	180	200
3	Усадка после первой стирки, %	не более 20,0	2	2
4	Остаточная деформация, %	не более 10,0	1	3

Проверка устойчивости изделий к санитарным обработкам показала, что рукава, изготовленные с использованием эластомерной полиуретановой нити, имеют показатели по растяжимости и остаточной деформации выше, чем рукава, изготовленные с использованием латексной нити.

### ВЫВОДЫ

Рукава, изготовленные с использованием латексной и полиуретановой нити, по своим свойствам соответствуют стандартам, однако по ряду показателей рукава с использованием эластомерной нити пре-

восходят рукава с использованием латексной нити.

### ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ Р 51219–98. Изделия медицинские эластичные фиксирующие и компрессионные. Общие технические требования. Методы испытаний.

### REFERENCES

1. GOST R 51219–98. Izdeliya medicinskie e'lastichnye fiksiruyuwie i kompressionnye. Obwie tehnicheckie trebovaniya. Metody ispytaniy.

Рекомендована кафедрой технологии ткани и трикотажа. Поступила 22.01.14.



**ИМПРЕГНИРОВАНИЕ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ  
ОГНЕЗАЩИТНЫМИ СОСТАВАМИ  
НА ОСНОВЕ ИНТЕРПОЛИМЕРНЫХ КОМПЛЕКСОВ**

**IMPREGNATION OF TEXTILE MATERIALS  
BY FLAME RETARDANTS  
BASED ON INTERPOLYMER COMPLEXES**

*Г.М. КОВАЛЕНКО, Е.С. БОКОВА*  
*G.M. KOVALENKO, E.S. BOKOVA*

(Московский государственный университет дизайна и технологии)  
(Moscow State University of Design and Technology)  
E-mail: gregoryi84@mail.ru

*В работе получены модифицирующие составы на основе интерполимерных комплексов полиакриловой кислоты для придания огнезащитных свойств хлопчатобумажным тканям.*

*We obtain modifying formulations based on interpolymer complexes of polyacrylic acid to impart flame retardant properties of cotton fabrics.*

**Ключевые слова:** пожаробезопасные текстильные материалы, интерполимерные комплексы, энтальпия, кислородный индекс.

**Keywords:** fireproof textiles, interpolymer complexes, enthalpy, oxygen index.

Широкое применение полимерных материалов в технике и быту предъявляет к ним дифференцированные требования, одним из которых является снижение пожароопасности. Это связано с современной техногенной ситуацией, для которой характерно нарастание числа катастроф и аварий, сопровождающихся возникновением пожаров, а также огромными экологическими рисками, вызванными возгоранием изделий из полимеров [1].

Общепринятым научным подходом, направленным на снижение пожароопасности полимерных материалов, является введение в их состав модифицирующих добавок целенаправленного действия – антипиренов, дымоподавителей, адсорберов токсичных веществ и др. Как правило, эти добавки эффективны при достаточно высокой концентрации, что затрудняет переработку полимерных композиций и, в большинстве случаев, приводит к ухудшению других эксплуатационных показателей готовой продукции.

Одной из актуальных задач в области снижения пожароопасности полимерных материалов является поиск новых экологически чистых, высокоэффективных модификаторов. Исходя из теоретических предпосылок, связанных с химическим составом и строением, особый интерес для этих целей могут представлять интерполимерные комплексы (ИПК) – высокомолекулярные соединения, способные поглощать и удерживать в своем объеме большое количество абсорбционно связанной влаги [2].

Цель работы – разработка научных подходов и технологических решений получения интерполимерных комплексов и их применение для снижения пожароопасности текстильных материалов.

Для достижения поставленной цели в работе необходимо было решить ряд задач: разработать условия получения интерполимерных комплексов на основе полиакриловой кислоты (ПАК), поливинилового спирта (ПВС), полиэтиленоксида

(ПЭО) и полиакриламида (ПАА); изучить термические характеристики ИПК, необходимые для их использования в качестве антипиренов текстильных материалов; разработать условия модификации смесовых тканей композициями на основе интерполимерных комплексов и оценить эффект снижения пожароопасности обработанных текстильных полотен.

В качестве объектов исследования использовали водные растворы полиакриловой кислоты (ПАК) с молекулярной массой  $2 \cdot 10^5$  (ФГУП "НИИ химии и технологии полимеров имени академика В.А. Каргина с опытным заводом", г. Дзержинск, Россия), поливинилового спирта (ПВС) марки BF-17 с молекулярной массой  $8,7 \cdot 10^4$  и степенью гидролиза 75...85%, (фирма Chang Chun Petrochemical CO., LTD), полиэтиленоксида (ПЭО) с молекулярной массой  $1 \cdot 10^6$  (фирма Sigma Aldrich, США) и полиакриламида (ПАА) с молекулярной массой  $7 \cdot 10^6$  марки FA 920 (фирма SNF Floeager, Франция).

Интерполимерные комплексы получали путем смешения водных растворов полиакриловой кислоты и неионогенных полимеров с равной концентрацией 0,3 моль/л при температуре  $25 \pm 0,1^\circ\text{C}$ . Глубину конверсии реакции комплексообразования регулировали изменением pH среды 0,2 N раствором соляной кислоты

В качестве объектов для модификации были использованы образцы хлопчатобумажных тканей из смеси хлопковых и льняных волокон: парусина (артикул

11291) и парусина (артикул 11234) с огнезащитной пропиткой.

Для анализа процессов комплексообразования применяли методы турбидиметрического титрования, вискозиметрии и дифференциально сканирующей колориметрии (ДСК).

Воспламеняемость ИПК определяли по ГОСТу 12.1.044–89, тканей по ГОСТу Р 50810–95, кислородный индекс тканей по ГОСТу 12.1.044–89.

Интерполимерные комплексы – это особый класс высокомолекулярных соединений, которые образуются путем взаимодействия разнородных химически комплементарных макромолекул [3]. Под комплементарными понимают макромолекулы, функциональные группы которых способны к специфическим взаимодействиям, а их геометрическое строение не создает препятствий для образования достаточно большого числа межмакромолекулярных связей в расчете на полимерную цепь [4].

Исходя из вышесказанного, прежде всего необходимо было доказать, что полученные при смешении водных растворов полиакриловой кислоты и неионогенных полимеров соединения действительно представляют собой интерполимерные комплексы, а не механическую смесь исходных комплексообразующих компонентов.

Для исследования процессов комплексообразования применяли классический подход, включающий совокупность методов турбидиметрического титрования и вискозиметрии.

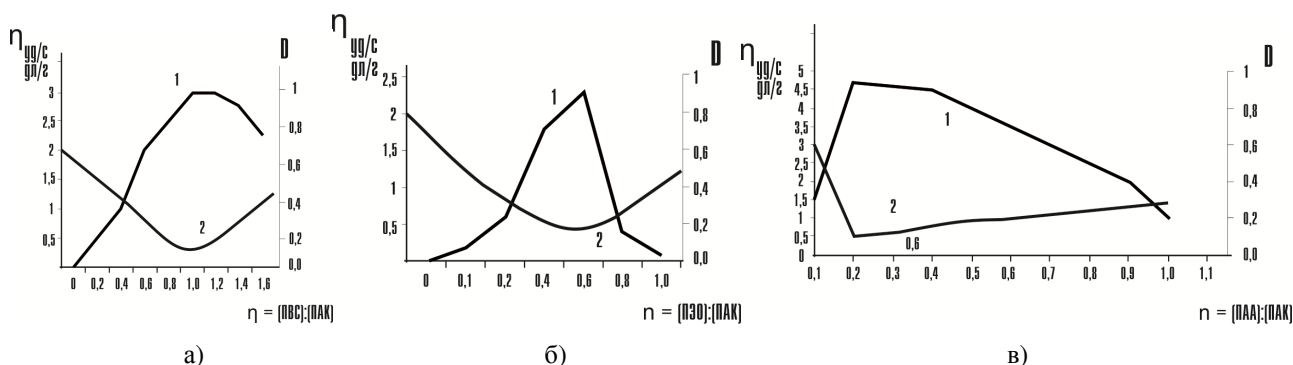


Рис. 1

На кривых турбидиметрического титрования (рис. 1 – кривые турбидиметриче-

ского титрования (1) и вискозиметрии (2) раствора ПАК растворами: ПВС (а),

ПЭО (б) и ПАА (в) при pH 1,5;  $T=22\pm 1$  °C), в кислой области (pH=1,5) проведения реакции, имеют место характерные максимумы (рис. 1-а, б, в – кр. 1), положение которых совпадает с минимумами на кривых вискозиметрии (рис. 1-а, б, в – кр. 2). Это, согласно общепринятым закономерностям комплексообразования, свидетельствует о формировании стехиометрического (состава 1:1) поликомплекса ПАК–ПВС и нестехиометрических (составов 1:0,6 и 1:0,2) ПАК–ПЭО и ПАК–ПАА, стабилизированных кооперативной системой водородных связей.

На рис. 2 представлены кривые DSC пленок поликомплексов: а) – ПАК-ПВС, б) – ПАК-ПЭО, в) – ПАК-ПАА.

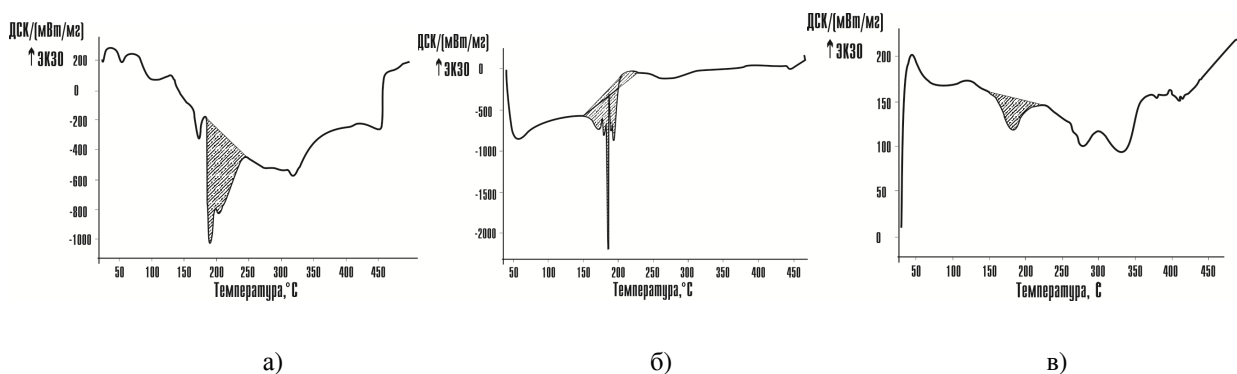


Рис. 2

Исследование термостойкости проводили на модельных пленках. Пленки получали методом полива на полиэтиленовую подложку растворов исходных комплексообразующих полимеров, а также готовых поликомплексов. Сушку осуществляли на воздухе при  $T=20\pm 5$  °C.

Анализ огнезащитных свойств поликомплексов осуществляли на образцах текстильных полотен. Интерполимерные комплексы формировали в структуре тканей, помещая их в раствор, содержащий комплексообразующие полимеры с последующим его подкислением до pH критического, необходимого для образования ИПК. Количество поликомплекса в тканях регулировали путем пропускания пропитанных полотен через плюсовочные валы с установленным зазором в 1 мм. Образцы сушили на воздухе при  $T=20\pm 5$  °C.

Наличие на всех ДСК-граммах (рис. 2-а...в) эндопиков, характеризующихся высокой энтальпией плавления, также свидетельствует об образовании устойчивых высокомолекулярных соединений, стабилизированных прочной системой водородных связей. Различия в величине энтальпии плавления, которая варьируется в пределах от 30 до 57 кДж/г в ряду поликомплексов ПАК–ПАА→ПАК–ПЭО→ПАК–ПВС, обусловлены прежде всего их химическим составом, а также особенностями строения. В целом, исходя из высокой энтальпии плавления, характерной для всех полученных ИПК, можно сделать предположение об их потенциальной термической стойкости, возможной огнестойкости и термостабильности при горении.

Данные по привесу ИПК в структуре тканей свидетельствуют о том, что, несмотря на высокую плотность парусин, количество полимерного связующего в них достаточно велико, вследствие образования фазы ИПК непосредственно на волокнах ткани еще до агломерации частиц поликомплексов. Так, для парусины артикула 11291 привес ИПК ПАК–ПВС составил 4,6 г/г, ПАК–ПЭО и ПАК–ПАА 1,5 г/г. Для брезента артикула 11234 при пропитке любым поликомплексом привес в среднем составлял 1 г/г. Меньшее количество ИПК в парусине артикула 11234 связано с наличием в структуре этой ткани огнезащитного состава, который затруднял пропитку поликомплексами.

Очевидно, что температура воспламенения интерполимерных комплексов выше, чем у исходных комплексообразующих

щих полимеров (табл. 1). Увеличение температуры воспламенения у ИПК, по сравнению с ПВС, ПЭО и ПАК, вызвано наличием прочной системы водородных связей между неионогенными полимерами, ПАК и водой в составе поликомплексов.

Испытания тканей на воспламеняемость показали, что наибольшей огнестойкостью обладают материалы № 5 и 8 (табл. 2 – определение воспламеняемости тканей по ГОСТу Р 50810–95).

Т а б л и ц а 1

№ п/п	Полимер	Температура воспламенения, °С
1	ИПК ПАК-ПВС	390
2	ИПК ПАК-ПЭО	370
3	ИПК ПАК-ПАА	393
4	ПАК	340
5	ПВС	205
6	ПЭО	303
7	ПАА	Не воспламеняется

Т а б л и ц а 2

Регистрируемые параметры (испытание вдоль основы)	Материал							
	парусина арт. 11291				парусина арт. 11234 ОП			
	без обработки	ИПК ПАК-ПВС	ИПК ПАК-ПЭО	ИПК ПАК-ПАА	без обработки	ИПК ПАК-ПАА	ИПК ПАК-ПЭО	ИПК ПАК-ПВС
	1	2	3	4	5	6	7	8
Время зажигания с поверхности, с	15	15	-	15	15	15	-	15
Время зажигания с кромки, с	15	15	15	15	15	15	15	15
Время самостоятельного горения, с	143	-	150	-	-	10	83	5
Прогорание до кромки	+	-	+	-	-	-	-	-
Воспламенение хлопчатобумажной ваты	-	-	-	-	-	-	-	-
Длина обугленного участка, мм	*	77	*	73	59	80	135	37
Поверхностная вспышка	-	-	-	-	-	-	-	-

П р и м е ч а н и е. \* – прогорание образца до кромки

Если в образце № 5 (парусина, артикул 11234 ОП) появляется кратковременный интервал самостоятельного горения (5 секунд), которое затем прекращается, то ткань под номером 8 (парусина артикула 11234 ОП, дополнительно обработанная комплексом ПАК–ПВС)) вовсе не поддерживает горения и имеет малую длину обугленного участка по длине основы. Это связано не только с изначальным наличием у нее производственной огнезащитной пропитки, но и с модифицирующим действием ИПК, при обработке которым длина обугленного участка уменьшается с 59 до 37 мм.

Образцы парусины артикула 11291 без огнезащитной пропитки также показали высокие результаты устойчивости к горе-

нию после модификации. Исключение составлял образец № 3 (парусина артикула 11291, обработанная ИПК ПАК-ПЭО), который прогорал до кромки. Низкая устойчивость к горению у этого образца, по-видимому, связана с плохим импрегнированием ткани комплексом ПАК-ПЭО.

Неоднозначные результаты показывают, что, по-видимому, эффективность ИПК в качестве антипиренов во многом зависит от их химического состава и структуры. Так, высоковязкие нестехиометрические поликомплексы ПАК–ПЭО и ПАК–ПАА, несмотря на большую гидрофильность, по сравнению с комплексом ПАК–ПВС, хуже проникают в ткани, вследствие чего их привес меньше, и имеет место увеличение длины обугленного

участка с 59 до 135 мм, а у образца № 3 происходит прогорание до кромки.

В целом, согласно ГОСТу Р 50810–95, ткани № 1,3 относятся к легковоспламеняемым, а ткани № 2, 4, 5, 6, 7 и 8 – к трудно воспламеняемым материалам. Полученные характеристики сохраняются после многократных стирок, что свидетельствует о прочном закреплении поликомплексов на волокнах тканей.

Для дополнительного подтверждения свойств ИПК как антипиренов в работе определяли кислородный индекс исходных и модифицированных образцов парусин.

Согласно проведенным исследованиям исходные парусины артикула 11291 и 11234 ОП относятся к классу легкогорючих материалов (кислородный индекс 19,9 и 23,7% соответственно). Ткань артикула 11234 ОП, модифицированная ИПК ПАК–ПАА, попала в категорию трудногорючих материалов с кислородным индексом 31,7%. Наличие двух огнезащитных модификаторов, промышленного и поликомплексного, у парусины артикула 11234 ОП приводит к синергизму их действия и получению материала с высокой пожаробезопасностью (КИ от 27 до 32%).

## ВЫВОДЫ

1. В работе проведены систематические исследования условий получения интерполимерных комплексов полиакриловой кислоты и неионогенных полимеров для применения в качестве модифицирующих добавок текстильных полотен с целью понижения их пожароопасности.

2. Доказано, что при обработке ткани артикула 11291 поликомплексами ПАК–ПВС и ПАК–ПАА самостоятельное горение образцов отсутствует. У парусины артикула 11234 с огнезащитной пропиткой длина обугленного участка сокращается с

59 до 37 мм. Все ткани, обработанные поликомплексами ПАК–ПВС и ПАК–ПАА, относятся к трудно воспламеняемым материалам.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Халтуринский Н.А., Берлин А.А. Современные представления о горении полимеров и механизм действия ингибиторов // Тез. докл. IV Междунар. конф.: Полимерные материалы пониженной горючести. – Волгоград, 2000. С.123...142.
2. Пapisов И.М. Матричная полимеризация и другие матричные и псевдоматричные процессы как путь получения композиционных материалов // Высокомолекулярные соединения. – 1997. Т.39. №3. С.562...574.
3. Nurkeeva Z.S., Mun G. A., Khutoryanskiy V.V. // Interpolymer Complexes of Poly(glycol vinyl ethers) and Related Composite Materials // Polym. Sci. -Ser. B. – Vol.43. №.5-6, 2001. P.146...155.
4. Lau C., Mi Y. A study of blending and complexation of poly(acrylic acid)/poly(vinyl pyrrolidone) // Polymer. – №.43, 2002. P.823...829.

## REFERENCES

1. Halturański N.A., Berlin A.A. Sovremennye predstavleniya o gorenii polimerov i mehanizm dejstviya ingibitorov // Tez. dokl. IV Mezhdunar. konf.: Polimernye materialy ponizhennoj goryuchesti. – Volgograd, 2000. S.123...142.
2. Papisov I.M. Matrichnaya polimerizaciya i drugie matrichnye i psevdomatrichnye processy kak put' polucheniya kompozicionnyh materialov // Vysokomolekulyarnye soedineniya. – 1997. T.39. №3. S.562...574.
3. Nurkeeva Z.S., Mun G. A., Khutoryanskiy V.V. // Interpolymer Complexes of Poly(glycol vinyl ethers) and Related Composite Materials // Polym. Sci. -Ser. B. – Vol.43. №.5-6, 2001. P.146...155.
4. Lau C., Mi Y. A study of blending and complexation of poly(acrylic acid)/poly(vinyl pyrrolidone) // Polymer. – №.43, 2002. P.823...829.

Рекомендована кафедрой технологии полимерных пленочных материалов и искусственной кожи.  
Поступила 20.05.15.

**СИСТЕМА ФАКТОРОВ И ПОКАЗАТЕЛЕЙ  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО КАПИТАЛА  
ПРИКЛАДНЫХ НИИ ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ\***

**SYSTEM OF INTELLECTUAL CAPITAL FACTORS AND INDICATORS  
OF THE STATE SCIENTIFIC CENTER OF RUSSIAN FEDERATION**

*A. A. МАЛЬЦЕВА*  
A.A. MALTSEVA

(Тверской государственный университет)  
(Tver State University)  
E-mail: 80179@list.ru)

*В работе рассматриваются вопросы развития прикладных НИИ текстильной промышленности. Автором показано, что существующая система их менеджмента на микроуровне нуждается в совершенствовании на основе современных инструментов. В статье изложены сформированные автором методические подходы к оценке интеллектуального капитала прикладных исследовательских институтов на основе системы факторов и показателей, которые могут стать целевыми индикаторами в рамках реализуемой системы программно-целевого управления организациями.*

*In the work the author discusses the development of the state scientific center of Russian Federation (SSC RF) as the key institutions of applied science. The author shows that the existing system of SSC management at the micro level needs to be improved on the basis of modern tools. In the article methodical approaches to the assessment of SSC RF intellectual capital based on system of factors and indicators that can be the target indicators in the framework of program target management system by organizations were formed by the author.*

**Ключевые слова:** интеллектуальный капитал, человеческий капитал, научно-техническая продукция, результативность, оценка, фактор, показатель.

**Keywords:** state scientific center, intellectual capital, human capital, technical and scientific products, performance, evaluation, factor, index.

Современное состояние легкой промышленности Российской Федерации характеризуется комплексом проблем, которые достаточно полно приводятся в комплексном докладе, подготовленном учеными Высшей школы экономики [8]. Как отмечают авторы, ее проблемы связаны с серьезной сырьевой зависимостью, физическим и моральным устареванием техно-

логического оборудования, недостаточной конкурентоспособностью отечественных предприятий, активным ростом зависимости от импорта сырья и готовой продукции, фактическим отсутствием экспортной активности, недостаточным развитием цивилизованных форматов торговли, обилием недобросовестных форм конкуренции.

\* Статья выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России высшим учебным заведениям в части проведения научно-методических работ по проекту № 3241 "Аналитическое обеспечение мониторинга результатов деятельности государственных научных центров Российской Федерации и научно-производственного комплекса наукоградов Российской Федерации".

Текстильная и швейная промышленность, занимающие в структуре легкой промышленности Российской Федерации ведущие позиции, характеризуются положительной динамикой (объем производства за период 2000-2013 гг. увеличился более чем в 2 раза). Особенностью их является особая необходимость непрерывного совершенствования не только выпускаемых изделий, их качественных характеристик, но и производственного процесса в целом, что обусловлено весьма высокой конкуренцией как на внутреннем, так и на мировом рынке.

По данным выборочного обследования ВШЭ разработкой, проектированием новой продукции и дизайном заняты почти две трети предприятий (63%), разработкой новых технологий – 44% предприятий текстильной и 56% швейной отрасли [8].

В советское время сложилась достаточно эффективная система отраслевых институтов, обеспечивающая различные секторы экономики результатами интеллектуальной деятельности, которые впоследствии активно внедрялись в практику конкретных предприятий и организаций. На этапе перехода к рыночной экономике прикладные исследовательские институты утратили прямое бюджетное финансирование, а вследствие сложившегося финансово-экономического кризиса не имели достаточных возможностей для активного развития. Результаты научных исследований оказались невостребованными реальным сектором экономики ввиду неплатежеспособности крупных предприятий.

Развитие отраслей промышленности и в ряде случаев поддержка государства обеспечили в настоящее время активизацию сохранившихся и вновь созданных институтов прикладной науки. При этом отмечается тот факт, что невысокая эффективность отечественной промышленности в сфере инноваций объясняется отсутствием отлаженной цепочки преобразования результатов фундаментальной науки в конечный инновационный продукт. Именно недостаточность так называемых интеграторов результатов интеллектуальной деятельности, способных обеспечить

"стягивание" их в технологии и передачу в отрасли экономики, обуславливает невысокие темпы инновационного развития реального сектора экономики.

В настоящее время созданы и активно функционируют следующие институты прикладной науки для текстильной и швейной промышленности: ОАО "Центральный научно-исследовательский институт комплексной автоматизации легкой промышленности" (ЦНИИЛКА); ОАО "Центральный научно-исследовательский институт швейной промышленности (ОАО "ЦНИИШП"); ОАО "Инновационный научно-производственный центр текстильной и легкой промышленности"; ОАО "Научно-исследовательский институт синтетического волокна с экспериментальным заводом"; ОАО "Научно-исследовательский институт нетканых материалов"; ОАО "Центральный научно-исследовательский институт технологической оснастки текстильного оборудования".

Институты прикладной науки в современных условиях, реализуя собственную миссию, вынуждены активно приспосабливаться к реалиям рыночной экономики, то есть обеспечивать собственную эффективность на микроуровне, в связи с чем актуальной является проблема поиска направлений повышения результативности их управления на основе научно обоснованных подходов.

В работах автора активно разрабатывается тематика управления институтами прикладной науки на примере государственных научных центров Российской Федерации [2], [10].

На основе теоретического и статистического анализа было установлено, что основной вид деятельности институтов прикладной науки – производство научно-технической продукции является процессом генерации знаний различных видов, для чего потребляет их как ключевой ресурс. Внедрение системы управления знаниями как ключевым видом нематериальных ресурсов является основой дальнейшего совершенствования их деятельности.

Нематериальной составляющей капитала любого предприятия является интеллектуальный капитал, отдельные струк-

турные компоненты которого включают различные типы знаний или результаты их применения.

Т а б л и ц а 1

	Наноуровень	Микроуровень
<p>Факторы, создающие ценность результата (капитал знаний, креативный капитал, капитал компетенций, капитал профессионального опыта, капитал интеллектуальной собственности), представляют собой теоретические и практические знания в материальной и нематериальной форме, являющиеся как атрибутом сотрудников, так и организации в целом</p>		
Факторы наличия знаний	<p>когнитивные способности работников;                  способности работников к обработке и преобразованию знаний;                  опыт профессиональной деятельности;                  непрерывный стаж работы в организации;                  наличие творческих способностей;                  владение методическими подходами креативной деятельности</p>	<p>наличие системы управления знаниями;                  наличие систем доступа к массивам знаний в сфере профессиональной деятельности;                  банк конструкторских решений (чертежей);                  банк выполненных ранее проектов;                  банк отраслевых разработок;                  имеющиеся уникальные решения, защищенные правами собственности организации;                  инструкции по ведению работ</p>
Факторы системы увеличения знаний	<p>повышение уровня научной квалификации, участие персонала в стажировках;                  участие персонала в научно-технических мероприятиях;                  научные семинары на регулярной основе;                  наличие синергии знаний в рамках коллективной работы;                  наличие системы подготовки квалифицированного персонала, научных и научно-педагогических кадров</p>	<p>наличие системы ротации кадров;                  система методов принятия управленческих решений;                  система методов принятия технологических решений;                  система методов принятия конструкторских решений;                  создание специфических программных средств;                  инвентаризация архивов знаний организации;                  создание банка экспертов – уникальных носителей знаний;                  построение электронных сетей внутри организации;                  обеспечение связи с общемировыми сетями и базами знаний;                  организация системы обучения персонала с целью обмена, наращивания и сохранения знаний;                  разработанные авторские методики и технологии обучения, система образования и переподготовки специалистов в организации;                  система профессиональных конкурсов;                  наличие системы идентификации соответствия компетенций занимаемой должности;                  внедрение системы эффективного контракта с персоналом организации;                  организация сотрудничества с ведущими научными организациями и предприятиями реального сектора экономики с целью обмена знаниями;                  возможность коммерциализации наличной интеллектуальной собственности, принадлежащей организации</p>
<p><i>Факторы, увеличивающие ценность результата (капитал профессиональной и личной репутации, имиджевый капитал, капитал бренда), являются нематериальными активами организации, увеличивающими степень доверия к ней со стороны ключевых стейкхолдеров</i></p>		
	<p>членство в профессиональных сообществах;                  награды в профессиональной сфере, общественное признание;                  наличие публикаций в профессиональных журналах, выступлений на радио-, телевидении;                  наличие личных связей в профессиональном сообществе, способствующих эффективному выполнению профессиональных обязанностей</p>	<p>наличие системы сертификации и аттестации работников;                  наличие организационной системы PR-поддержки сотрудников (организация их участия в профессиональных конкурсах, мероприятиях, выступлениях в СМИ и т.д.);                  наличие положительных отзывов об организации в СМИ;                  организация презентаций в рамках специализированных мероприятий, выставок и т.п.;                  организация научных мероприятий (конференций, семинаров и др.), проведенных научной организацией, в которых участвовали зарубежные и отечественные ученые, не являющиеся работниками данной научной организации;                  качественный уровень и информативность интернет-сайта, количество посещений;                  наличие фирменного стиля;                  развитая система инструментов поиска и привлечения клиентов и других стейкхолдеров;                  наличие банка данных потребителей;                  позиционирование историй успеха научно-технических и инновационных проектов;                  наличие сертификации продукции (услуг);                  наличие системы качества услуг (продуктов);                  участие в международных проектах;                  участие (членство) в международных организациях</p>



В работах авторского коллектива [1] были выделены структурные составляющие интеллектуального капитала, которые включаются в состав интеллектуального капитала ГНЦ РФ.

Проведенный теоретический анализ демонстрирует различную значимость видов интеллектуального капитала в рамках основных видов деятельности институтов прикладной науки. Их условно можно разделить на факторы прямого и косвенного влияния на результаты деятельности.

При формировании факторной модели интеллектуального капитала институтов прикладной науки целесообразным является структурирование факторов на уровни: наноуровень (капитал сотрудника организации) и микроуровень (капитал всей организации).

В основу факторной модели интеллектуального капитала ГНЦ РФ положены показатели оценки результативности деятельности научных организаций, выполняющих научно-исследовательские, опытно-конструкторские и технологические работы гражданского назначения (Постановление Правительства № 312), программы реализации функций ГНЦ РФ, разработанные на основе указанного постановления, требования конкурсной документации федеральных целевых программ, исследования в области науковедения и требования, предъявляемые государством и научным сообществом к особым достижениям в сфере науки (премии, награды и т.п.) [3...7], [9].

В табл. 1 приведена сформированная модель, которая может быть в ряде случаев уточнена и измерена системой показателей, не вошедших в данную статью.

## В Ы В О Д Ы

Таким образом, построенная в рамках теоретического исследования система факторов и показателей может стать опорной при разработке подходов к идентификации конкретных видов интеллектуального капитала организаций прикладной науки, а также формирования подходов к системе его оценки.

1. Мальцева А.А., Монахов И.А. Развитие теоретических представлений об интеллектуальном капитале в условиях динамической трансформации экономики // Актуальные проблемы экономики. – 2014, № 11. С. 16...33.

2. Мальцева А.А., Серов А.А., Титова Л.К., Веселов И.Н. О влиянии современного состояния человеческого капитала государственных научных центров Российской Федерации на результаты их деятельности // Проблемный анализ и государственно-управленческое проектирование. – 2015, № 3(41). Т. 8. С. 113...122.

3. О приеме документов на соискание Государственных премий Российской Федерации [Электронный ресурс] // Президент России: сайт. URL: <http://state.kremlin.ru/face/46488>.

4. Приказ Государственной корпорации по атомной энергии "Росатом" от 01.03.2012 г. №1/172-П "Об утверждении методики по оценке результативности деятельности научных организаций Госкорпорации "Росатом", выполняющих научно-исследовательские, опытно-конструкторские и технологические работы гражданского назначения" [Электронный ресурс] // Собрание законодательства Российской Федерации. URL: <http://www.szrf.ru/doc.phtml?nb=edition05&issid=2012035000&docid=9>.

5. Приказ Минпромторга РФ от 10.08.2010 г. №679 "Об утверждении Методики оценки результативности деятельности научных организаций, подведомственных Министерству промышленности и торговли Российской Федерации, выполняющих научно-исследовательские, опытно-конструкторские и технологические работы гражданского назначения" [Электронный ресурс] // Электронный фонд правовой и научно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru/document/902232136>.

6. Приказ Федерального архивного агентства от 27.01.2011 г. № 14 "Об утверждении Методики оценки результативности деятельности научных организаций, находящихся в ведении Федерального архивного агентства, выполняющих научно-исследовательские, опытно-конструкторские и технологические работы гражданского назначения" [Электронный ресурс] // Электронный фонд правовой и научно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru/document/902259289>.

7. Приложение к Методике оценки результативности деятельности научных организаций Госкорпорации "Росатом", выполняющих научно-исследовательские, опытно-конструкторские и технологические работы гражданского назначения, утвержденной приказом Государственной корпорации по атомной энергии "Росатом" от 01.03.2012 г. № 1/172-П [Электронный ресурс] // URL: [http://cdnimg.rg.ru/pril/68/57/20/23987\\_pril.pdf](http://cdnimg.rg.ru/pril/68/57/20/23987_pril.pdf).

8. Текущее состояние и перспективы развития легкой промышленности в России: докл. к XV Апр. междунар. науч. конф. по проблемам развития экономики и общества, Москва, 1–4 апр. 2014 г. / В.В.

Радаев (рук. исслед. кол.), В.Н. Данилина, З.В. Котельникова, Е.А. Назарбаева; Нац. исслед. ун-т "Высшая школа экономики". — М.: Изд. Дом Высшей школы экономики, 2014. 333 с.

9. Указ Президента Российской Федерации от 30.07.2008 г. № 1144 "О премии Президента Российской Федерации в области науки и инноваций для молодых ученых" (с изменениями и дополнениями) [Электронный ресурс] // Информационно-правовой портал "Гарант". URL: <http://base.garant.ru/193642>.

10. Maltseva A. The system of factors for intellectual capital evaluation of state research centers of the Russian Federation // International conference on trends in social sciences and humanities (TSSN-2015). August 19-20. — 2015. Bali, Indonesia. P.16...21.

## REFERENCES

1. Mal'ceva A.A., Monahov I.A. Razvitie teoreticheskikh predstavlenij ob intellektual'nom kapitale v usloviyah dinamicheskoy transformacii e'konomiki // Aktual'ni problemi ekonomiki. — 2014, № 11. S.16...33.

2. Mal'ceva A.A., Serov A.A., Titova L.K., Veselov I.N. O vliyanii sovremennoogo sostoyaniya chelovecheskogo kapitala gosudarstvennyh nauchnyh centrov Rossijskoj Federacii na rezul'taty ih deyatel'nosti // Problemnij analiz i gosudarstvenno-upravlencheskoe proektirovanie. — 2015, № 3(41). T. 8. S. 113...122.

3. O prieme dokumentov na soiskanie Gosudarstvennyh premij Rossijskoj Federacii [E'lektronnyj resurs] // Prezident Rossii: sajt. URL: <http://state.kremlin.ru/face/46488>.

4. Prikaz Gosudarstvennoj korporacii po atomnoj e'nergii "Rosatom" ot 01.03.2012 g. №1/172-P "Ob utverzhdenii metodiki po ocenke rezul'tativnosti deyatel'nosti nauchnyh organizacij Goskorporacii "Rosatom", vypolnyayuwi nauchno-issledovatel'skie, opytно-konstruktorskie i tehnologicheskie raboty grazhdanskogo naznacheniya" [E'lektronnyj resurs] // Sobranie zakonodatel'stva Rossijskoj Federacii. URL: <http://www.szrf.ru/doc.phtml?nb=edition05&issid=2012035000&docid=9>.

5. Prikaz Minpromtorga RF ot 10.08.2010 g. №679 "Ob utverzhdenii Metodiki ocenki rezul'tativnosti deyatel'nosti nauchnyh organizacij, podvedomstvennyh

Ministerstvu promyshlennosti i trgovli Rossijskoj Federacii, vypolnyayuwi nauchno-issledovatel'skie, opytно-konstruktorskie i tehnologicheskie raboty grazhdanskogo naznacheniya" [E'lektronnyj resurs] // E'lektronnyj fond pravovoj i nauchno-tehnicheskoy dokumentacii. URL: <http://docs.cntd.ru/document/902232136>.

6. Prikaz Federal'nogo arhivnogo agentstva ot 27.01.2011 g. № 14 "Ob utverzhdenii Metodiki ocenki rezul'tativnosti deyatel'nosti nauchnyh organizacij, nahodyawihsy v vedenii Federal'nogo arhivnogo agentstva, vypolnyayuwi nauchno-issledovatel'skie, opytно-konstruktorskie i tehnologicheskie raboty grazhdanskogo naznacheniya" [E'lektronnyj resurs] // E'lektronnyj fond pravovoj i nauchno-tehnicheskoy dokumentacii. URL: <http://docs.cntd.ru/document/902259289>.

7. Prilozhenie k Metodike ocenki rezul'tativnosti deyatel'nosti nauchnyh organizacij Goskorporacii "Rosatom", vypolnyayuwi nauchno-issledovatel'skie, opytно-konstruktorskie i tehnologicheskie raboty grazhdanskogo naznacheniya, utverzhdennoj prikazom Gosudarstvennoj korporacii po atomnoj e'nergii "Rosatom" ot 01.03.2012 g. № 1/172-P [E'lektronnyj resurs] // URL: [http://cdnimg.rg.ru/pril/68/57/20/23987\\_pril.pdf](http://cdnimg.rg.ru/pril/68/57/20/23987_pril.pdf).

8. Tekuwee sostoyanie i perspektivy razvitiya legkoj promyshlennosti v Rossii: dokl. k XV Apr. mezhdunar. nauch. konf. po problemam razvitiya e'konomiki i obwestva, Moskva, 1–4 apr. 2014 g. / V.V. Radaev (рук. issled. kol.), V.N. Danilina, Z.V. Kotel'nikova, E.A. Nazarbaeva; Nac. issled. un-t "Vysshaya shkola e'konomiki". — М.: Изд. Дом Vysshей shkoly e'konomiki, 2014. 333 s.

9. Uказ Prezidenta Rossijskoj Federacii ot 30.07.2008 g. № 1144 "O premii Prezidenta Rossijskoj Federacii v oblasti nauki i innovacij dlya molodyh uchenyh" (s izmeneniyami i dopolneniyami) [E'lektronnyj resurs] // Informacionno-pravovoj portal "Garant". URL: <http://base.garant.ru/193642>.

10. Maltseva A. The system of factors for intellectual capital evaluation of state research centers of the Russian Federation // International conference on trends in social sciences and humanities (TSSN-2015). August 19-20. — 2015. Bali, Indonesia. P. 16...21.

Рекомендована кафедрой национальной экономики. Поступила 25.09.15.

**НИКОЛАЮ МИХАЙЛОВИЧУ АШНИНУ – 75 ЛЕТ!**

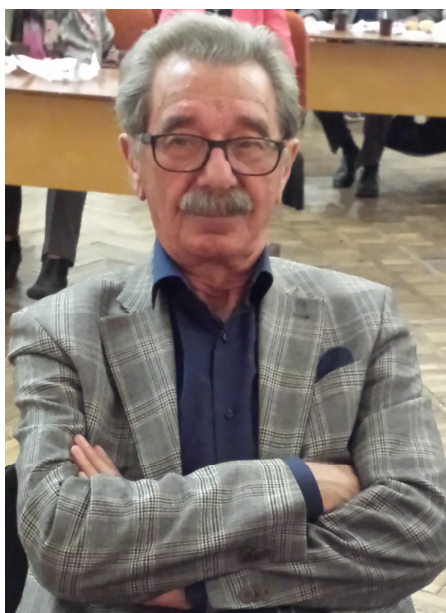
**NIKOLAY MIKHAILOVICH ASHNIN IS 75 YEARS OLD!**

7 апреля 2015 года исполнилось 75 лет Николаю Михайловичу Ашнину – руководителю направления дополнительного образования Санкт-Петербургского университета промышленной технологии и дизайна (СПбГУПТД), доктору технических наук, профессору, заслуженному деятелю науки Российской Федерации, лауреату государственной премии РФ, академику Санкт-Петербургской инженерной академии, почетному профессору Ивановской государственной текстильной академии и Ташкентского текстильного института.

С 1981 по 1997 гг. Н.М. Ашнин был деканом технологического факультета, с 1997 по 2010 гг. – проректором по учебной работе университета.

В 1957 году Н.М. Ашнин закончил с медалью среднюю школу в г. Пскове и в том же году поступил на механический факультет Ленинградского института текстильной и легкой промышленности им. С.М. Кирова. После окончания с отличием института был направлен в аспирантуру. В 1967 г. защитил кандидатскую диссертацию и был зачислен ассистентом кафедры механической технологии волокнистых материалов.

С 1967 по 1971 гг. находился в заграничной командировке в Алжире, где работал заведующим кафедрой прядения и ткачества



Африканского нефтяного и текстильного центра в г. Бумердесе.

С 1971 по 1974 гг. Н.М. Ашнин работал доцентом кафедры механической технологии волокнистых материалов ЛИТЛП им. С.М. Кирова, а с 1974 по 2013 гг. – заведующим кафедрой технологии прядения и нетканых материалов.

В 1980 г. Николай Михайлович защитил докторскую диссертацию. Обе его диссертации – и кандидатская, и докторская – посвя-

щены исследованию процесса кардочесания волокнистых материалов.

В 1982 г. ему присвоено ученое звание профессора, с 1992 г. он – член-корреспондент, а с 1994 г. – академик Санкт-Петербургской инженерной академии.

Во время руководства кафедрой Н.М. Ашниным на ней вели подготовку инженеров по специализациям "Прядение хлопка и химических волокон", "Прядение шерсти и химических волокон", "Технология и менеджмент прядильного производства", "Компьютерное проектирование прядильного производства", а с 2003 г. – по "Технологии нетканых текстильных материалов".

В 2014 г. в составе коллектива соискателей Н.М. Ашнин стал лауреатом премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники.

Н.М. Ашнин является автором более 260 научных и научно-методических работ, в том числе четырех монографий, учебников для вузов, 45 изобретений. Николай Михайлович – член редколлегии журналов "Известия вузов. Технология легкой промышленности", "Известия вузов. Технология текстильной промышленности", член диссертационного совета. Он

подготовил 37 кандидатов технических наук, в том числе для зарубежных стран: Алжира, Туниса, Марокко, Судана, Монголии, Сирии, Бурунди, стран бывшего СССР.

Поздравляем Николая Михайловича с юбилеем, желаем доброго здоровья, семейного счастья, дальнейших успехов в работе!!!

**Ректорат СПбГУПТД.**

**Редколлегия и редакция журнала "Известия вузов. Технология текстильной промышленности".**

СОДЕРЖАНИЕ

**Экономика и организация производства**

<i>Моргунова Н.В., Зайцева И.А.</i> Решение кадровых проблем текстильной промышленности через интеграцию образовательного процесса .....	5
<i>Алоян Р.М., Петрухин А.Б., Опарина Л.А.</i> Совершенствование организационно-технологических решений по ресурсо- и энергосбережению в строительстве с использованием синтетических геоматериалов .....	9

**Материаловедение**

<i>Чагина Л.Л.</i> Методика комплексной оценки качества льняных трикотажных полотен для верхних изделий .....	16
<i>Иванова О.В.</i> Проектирование показателей качества конкурентоспособного интерьерного текстиля с учетом специфики социокультурной среды .....	21
<i>Бойко С.В., Маринкина М.А., Чагина Л.Л., Смирнова Н.А.</i> Влияние жесткости полотен при изгибе на силуэтные линии формы элементов швейных изделий .....	25

**Первичная обработка. Сырье**

<i>Новиков Э.В., Проталинский С.Е., Безбабченко А.В.</i> Исследование процесса переработки однотипной пеньки в текстильную ленту по льняной технологии .....	30
<i>Иванов Е.Э., Киселев Н.В., Пашин Е.Л.</i> Моделирование процесса сушки стеблей льнотресты с варьируемой шириной слоя в целевой конвейерной машине .....	33
<i>Дроздов В.Г., Мозохин А.Е.</i> Особенности применения метода инфракрасной спектроскопии пропускания для оценки качества льнотресты .....	38
<i>Носов А.Г., Пашин Е.Л., Разин С.Н.</i> Обоснование формы рабочих органов устройства для очистки котонина .....	42

**Прядение**

<i>Хомяков Е.С., Наумов А.К.</i> Теория кручения и деформации текстильной пряжи послойной структуры .....	48
<i>Павлюченко Е.В., Голубчикова А.В., Мовшович П.М., Разумеев К.Э., Лазуренко С.Б.</i> Процесс формирования петельной структуры на фасонной пряже .....	52

**Ткачество**

<i>Панин А.И., Рыбаулина И.В.</i> Анализ причин жгутообразования при формировании бобин на мотальных машинах фрикционного типа .....	56
<i>Сильченко Е.В., Николаев С.Д.</i> Новая ткань для защиты человека от воздействия электромагнитных полей .....	59
<i>Малецкая С.В., Малецкий В.В.</i> Использование вспомогательных переплетений для автоматизированного построения переплетений двухслойных тканей с переходом нитей из слоя в слой .....	64
<i>Юхин С.С., Назарова М.В., Бойко С.Ю.</i> Разработка технологии изготовления ткани, обладающей виброзащитными свойствами .....	69
<i>Керимов С.Г., Постников А.В.</i> Классификация многослойных переплетений тканых изделий по числу слоев и способу их соединения .....	72
<i>Маховер В.Л., Смирнова Т.В.</i> Ассортиментные возможности подготовки основ к ткачеству на сновально-шлихтовальном агрегате .....	76
<i>Ишиматов А.Б., Яминова З.А., Рудовский П.Н.</i> Обоснование режимов получения серицина в виде порошка для приготовления шлихты .....	79
<i>Махмудова Н., Фарзалиев М.</i> Теоретическое исследование параметров строения бобины крестовой намотки .....	83

## Отделка

<i>Чешкова А.В., Кончина А.А.</i> Влияние ферментативной модификации целлюлозы хлопка на капиллярные и сорбционные свойства материалов пероксидного способа подготовки .....	89
<i>Алеева С.В., Кокшаров С.А.</i> Влияние химических способов подготовки льняного волокна на свойства формируемой пряжи .....	94
<i>Рукавишников Ю.А., Кротова М.Н., Куваева Е.Ю., Одинцова О.И.</i> Исследование взаимодействия синтетических полиэлектролитов с кислотными красителями .....	98
<i>Хамматова В.В.</i> Метод наномодифицирования натуральных текстильных материалов коллоидным раствором наночастиц серебра .....	103
<i>Сергеева Е.А., Тимошина Ю.А.</i> Получение волокнистых текстильных материалов с антибактериальными свойствами путем модификации их поверхности наночастицами серебра .....	108
<i>Азанова А.А., Абдуллин И.Ш., Нуруллина Г.Н.</i> Использование плазмы высокочастотного емкостного разряда пониженного давления в отделке трикотажных полотен .....	111
<i>Жантасов К.Т., Мырхалыков Ж.У., Туракулов Б.Б., Жантасов М.К., Шалатаев С.Ш., Ерубай А., Досалиев К.</i> Возможность получения текстильных пигментов и промежуточной продукции из обожженных окатышей .....	115

## Технология нетканых материалов

<i>Тувин М.А., Хосровян И.Г., Красик Т.Я., Хосровян Г.А.</i> Математическое моделирование аэродинамической рассортировки волокон в устройстве для получения многослойных нетканых материалов ...	119
--	-----

## Трикотажное производство

<i>Москаева Т.Б.</i> Научные исследования в области вязания .....	123
<i>Николаева Е.В., Муракаева Т.В., Пивкина С.И.</i> Анализ структуры интарзийных полотен с ажурным способом соединения и работы нитеводов при их выработке .....	129

## Швейное производство и дизайн

<i>Метелева О.В., Ташев В.В., Никифорова Е.Н.</i> Изменение водонепроницаемости одежды под воздействием динамических деформаций .....	133
<i>Романова К.Е.</i> Русский свадебный костюм XVIII-XIX веков .....	138

## Текстильные машины и агрегаты

<i>Гаврилов А.Н., Хозина Е.Н., Макаров В.А.</i> Экспериментальное исследование зевобразовательного механизма ткацкой машины типа СТБУ .....	143
<i>Кривошеина Е.В., Букалов Г.К.</i> Классификация нитепроводящих деталей по периодичности контакта и способу создания давления в контакте .....	149
<i>Алешин Р.Р., Катаманов А.А., Иванов А.В., Егоров С.А., Викторов Е.К.</i> Разработка и исследование модели машины трения .....	153

## Автоматизация технологических процессов

<i>Глазунов В.Ф.</i> Моделирование процессов деформации текстильных материалов в системах электроприводов оборудования непрерывного действия .....	157
<i>Викторов Е.К., Павлычев С.Ю., Катаманов А.А., Егоров С.А.</i> Электромеханическая микроконтроллерная система управления натяжением основы на основовязальных машинах .....	161

## Экологическая и производственная безопасность. Промтеплоэнергетика

<i>Кожмяченко А.В., Фомин Ю.Г., Петросов С.П., Лемешко М.А., Рукаевич В.В.</i> Теоретический анализ влияния эксплуатационных факторов на работоспособность герметичных агрегатов холодильных машин .....	164
<i>Федосов С.В., Акулова М.В., Кокшаров С.А., Метелева О.В.</i> Теоретические основы теплопереноса в перспективных технологиях производства материалов текстильной и строительной отраслей промышленности .....	170
<i>Рудобахта С.П., Кошелева М.К.</i> Определение коэффициентов массоотдачи и массопроводности из кривых кинетики .....	175

<i>Губейдуллин Х.Х., Шиганов И.И., Поросятников А.В., Лукоянчев С.С., Камалдинова О.С., Краснова О.Н.</i> Деформации (сплющивание) остова пористой перегородки трубчатых текстильных фильтров	180
---	-----

### Информационные технологии

<i>Севостьянов П.А., Ордов К.В., Битус Е.И., Самойлова Т.А., Монахов В.В.</i> Компьютерное моделирование длины и тонины волокон шерсти в топсе и ленте на основе данных натурных экспериментов	185
<i>Ершов С.В., Калинин Е.Н., Тидт Т.</i> Анализ направленности углеродных волокон в реальных нетканых структурах технического назначения	189

### Механика нити и полотен

<i>Макаров А.Г., Демидов А.В., Переборова Н.В., Егорова М.А.</i> Моделирование и расчетное прогнозирование релаксационных и деформационных свойств полимерных парашютных строп	194
<i>Коваленко Н.И., Разин С.Н.</i> Математическое моделирование взаимодействия гибкой нити, моделирующей зажатую пряжу, с цилиндрической поверхностью при наличии внешней распределенной нагрузки	205
<i>Егоров О.Д.</i> Определение некоторых геометрических характеристик гофрирующего механизма	209

### Обмен опытом, критика и библиография, краткие сообщения

<i>Алоян Р.М., Строкін К.Б., Петрухин А.Б., Феофанов С.В.</i> Анализ решений по технологии монтажа конструкций для малоэтажного строительства из несъемной строительной опалубки на основе текстильных материалов	213
<i>Глушкова М.Е., Строганов Б.Б.</i> Исследование свойств медицинских рукавов из высокоэластичных нитей	219
<i>Коваленко Г.М., Бокова Е.С.</i> Импрегнирование текстильных материалов огнезащитными составами на основе интерполимерных комплексов	221
<i>Мальцева А.А.</i> Система факторов и показателей интеллектуального капитала прикладных НИИ текстильной промышленности	226
Николаю Михайловичу Ашнину – 75 лет!	231

## CONTENTS

### Economics and Production Planning

<i>Morgunova N.V., Zaitseva I.A.</i> Decision of Personnel Problems of Textile Industry through the Integration	5
<i>Aloyan R.M., Petrukhin A.B., Oparina L.A.</i> Improvement of Organizational and Technological Solutions for Resource - Saving in Construction with the Use of Synthetic Geomaterials	9

### Materials

<i>Chagina L.L.</i> Complex Appraisal Methods of Flax Stockinets Quality Used for Over Clothes	16
<i>Ivanova O.V.</i> Design of Indicators of Quality of Competitive Interior Textiles Taking into Account Specifics of the Sociocultural Environment	21
<i>Boyko S.V., Marinkina M.A., Chagina L.L., Smirnova N.A.</i> The Impact of Bending Stiffness of Fabrics on the Silhouette Line of the Elements Form of Clothing	25

### Preliminary Treatment. Raw Materials

<i>Novikov E.V., Protalinsky S.E., Bezbabchenko A.V.</i> Research of Process of Processing of the Same Hemp in the Textile Tape on Linen Technology	30
<i>Ivanov E.E., Kiselev N.V., Pashin E.L.</i> Drying Stems Flax Simulation with Varying Width of the Layer in a Slot Drying Machine	33
<i>Drozдов V.G., Mozohin A.E.</i> Peculiarities of Application of the Method of Infrared Spectroscopy Bandwidth for Assessing the Quality of Flax	38
<i>Nosov A.G., Pashin E.L., Razin S.N.</i> Rationale for the Form of Working Units for Clearing Cottonine	42

## Spinning

<i>Khomyakov E.S., Naumov A.K.</i> The theory of Torsion and Deformation Textile Yarn Layered Structures	48
<i>Pavlyuchenko E.V., Golubchikova A.V., Movshovich P.M., Razumeev K.E., Lazurenko S.B.</i> Formation Looped Structure at Fancy Yarns	52

## Weaving

<i>Panin A.I., Rybaulina I.V.</i> Analysis of The Formation of Plaits Reel to Winding Machines Friction Type	56
<i>Silchenko E.V., Nikolaev S.D.</i> New Fabric to Protect People from Exposure to Electromagnetic Fields	59
<i>Maletskaya S.V., Maletskiy V.V.</i> The Use of Subsidiary Interlacings for the Computer-Aided Construction of Interweaving for Two-Layer Fabrics with Transition of Filaments from Layer to Layer	64
<i>Yukhin S.S., Nazarova M.V., Boyko S.Yu.</i> Development of Manufacturing Techniques of Fabric, Possessing Vibroprotective Properties	69
<i>Kerimov S.G., Postnikov A.V.</i> Classification of Layered Weaves of Woven Products According to the Number of Layers and the Way They Are Connected	72
<i>Makhover V.L., Smirnova T.V.</i> Assortment Opportunities of Preparation of Bases for Weaving on Warping and Dressing Unit	76
<i>Ishmatov A.B., Yaminova Z.A., Rudovsky P.N.</i> Justification Receive Mode as Sericin Powder for Dressing	79
<i>Mahmudova N., Farzaliyev M.</i> Theoretical Study of the Structure Parameters of Cross Winding of Bobbin	83

## Finishing

<i>Cheshkova A.V., Konchina A.A.</i> Effects of Enzymatic Modification of Cotton Pulp on Capillarity and Sorption Properties of Materials Peroxide Method Prepared	89
<i>Aleeva S.V., Koksharov S.A.</i> Effect of Chemical Ways to Prepare Flax Fiber Formed on the Properties of Yarn	94
<i>Rukavishnikova Yu.A., Krotova M.N., Kuvaeva E.Yu., Odintsova O.I.</i> Study of the Interaction between Synthetic Polyelectrolytes with Acid Dyes	98
<i>Khammatova V.V.</i> Method Nanomodifitsirovaniya Natural Textile Materials Solution Colloidal Silver Nanoparticles	103
<i>Sergeeva E.A., Timoshina Yu.A.</i> Creation of the Fibrous Textile Materials with Antibacterial Properties By Modifying the Surface of Nanoparticles of Silver	108
<i>Azanova A.A., Abdullin I.Sh., Nurullina G.N.</i> Use of Plasma of the High-Frequency Capacitor Category of the Lowered Pressure in Finishing of Knitted Cloths	111
<i>Zhantasov K.T., Myrhalikov Zh.U., Turakulov B.B., Zhantasov M.K., Shalataev S.Sh., Erubaj A., Dosaliev K.</i> The Possibility of Obtaining Textile Pigments and Intermediate Products from Sintered Pellets	115

## Technology of Non-Wovens

<i>Tvin M.A., Khosrovyan I.G., Krasik T.Ya., Khosrovyan G.A.</i> Mathematical Modeling of Aerodynamic Sorting of Fibers in the Device for Producing Multilayer Nonwovens	119
--	-----

## Knitting

<i>Moskaeva T.B.</i> Research in Knitting	123
<i>Nikolaeva E.V., Murakaeva T.V., Pivkina S.I.</i> Analysis of Structures Intarsia Canvas with Openworks Method for Compound and the Work of Yarn Guides in Their Generation	129

## Sewing and Design

<i>Metelva O.V., Tashev V.V., Nikiforova E.N.</i> The Change of Cloths Waterproofness Under the Influence of Dynamic Deformations	133
<i>Romanova K.E.</i> Russian Wedding Suit XVIII-XIX Centuries	138

## Textile Machines and Aggregates

<i>Gavrilov A.N., Hozina E.N., Makarov V.A.</i> Experimental Investigation of the Mechanism Shedding Loom Type STBU	143
---	-----



<i>Krivosheina E.V., Bukalov G.K.</i> Classification of Conductor Thread Details on the Frequency of Contact and Method of Creating Pressure in Contact .....	149
<i>Aleshin R.R., Katamanov A.A., Ivanov A.V., Egorov S.A., Viktorov E.K.</i> Development and Research of Model of the Machine of Friction .....	153

### **Automation of Technological Processes**

<i>Glasunov V.F.</i> Modeling of Deformation Processes of Textile Materials in Systems of Electric Drives Equipment Continuous Operation .....	157
<i>Viktorov E.K., Pavlychev S.Ju., Katamanov A.A., Egorov S.A.</i> Microcontroller Electromechanical Control System Warp Tension for Warp Knitting Machines .....	161

### **Ecological and Industrial Safety. Heat Engineering**

<i>Kozhemjachenko A.V., Fomin Yu.G., Petrosov S.P., Lemeshko M.A., Rukasevich V.V.</i> Theoretical Analysis of the Impact of Operating Factors on the Health Hermetic Refrigerators .....	164
<i>Fedosov S.V., Akulova M.V., Koksharov S.A., Meteleva O.V.</i> Theoretical Fundamentals of Heat and Mass Transfer in the Emerging Technologies of Production of Materials for the Textile and Construction Industries .....	170
<i>Rudobashta S.P., Kosheleva M.K.</i> The Determination of Mass Transfer and Mass Conductivity Coefficients from the Kinetic Curves .....	175
<i>Gubeydullin Kh.Kh., Shigapov I.I., Porosyatnikov A.V., Lukoyanchev S.S., Kamaldinova O.S., Krasnova O.N.</i> Deformation (Flattening) of the Skeleton of the Porous Partition of Tubular Textile Filters .....	180

### **Information Technologies**

<i>Sevostyanov P.A., Ordov K.V., Bitus E.I., Samoylova T.A., Monakhov V.V.</i> A Computer Modeling of Fiber's Length and Fineness in Tops and Sliver Based on Experimental Datas .....	185
<i>Ershov S.V., Kalinin E.N., Tiedt T.</i> Analysis of Carbon Fiber Orientation in Real Nonwoven Structures of Technical Purposes .....	189

### **Mechanics of Threads and Fabrics**

<i>Makarov A.G., Demidov A.V., Pereborova N.V., Egorova M.A.</i> Modeling and Prediction of Estimated Relaxation and Deformation Properties of the Polymer Parachute Line .....	194
<i>Kovalenko N.I., Razin S.N.</i> Computer Simulation of A Flexible String, Modeling Sandwiched Strand, with the Cylindrical Surface When An External Load Distribution .....	205
<i>Egorov O.D.</i> Determination Some Geometric Characteristics of Corrugating Mechanism .....	209

### **Experience Exchange, Criticism and Bibliography. Short Items**

<i>Aloyan R.M., Strokin K.B., Petrukhin A.B., Feofanov S.V.</i> The Technology of Mounting Structures for Low-Rise Construction of A Fixed Construction Formwork on the Basis of Textile Materials .....	213
<i>Glushkova M.E., Stroganov B.B.</i> Research of Properties of Medical Sleeves of Highly Elastic Threads ...	219
<i>Kovalenko G.M., Bokova E.S.</i> Impregnation of Textile Materials By Flame Retardants Based on Interpolymer Complexes .....	221
<i>Maltseva A.A.</i> System of Intellectual Capital Factors and Indicators of the State Scientific Center of Russian Federation .....	226
Nikolay Mikhailovich Ashnin Is 75 Years Old! .....	231

Экономика и организация производства

<i>Мырхалыков Ж.У., Есиркепова А.М., Исаева Г.К., Кулбай Б.С.</i> К вопросу о методике оценки синергетического эффекта от управления вторичными ресурсами в текстильной промышленности .....	№1
<i>Мырхалыков Ж.У., Кулбай Б.С., Есиркепова А.М., Миссюль Е.Э.</i> Тенденции и перспективы развития текстильной промышленности Республики Казахстан с позиции кластеризации экономики .....	№1
<i>Алоян Р.М., Петрухин А.Б., Федосеев В.Н., Виноградова Н.В.</i> Опыт практической реализации укрепления связей науки ИВГПУ с производством в условиях развития инфраструктурной базы текстильно-промышленного кластера региона .....	№1
<i>Юхина Е.А., Юхин С.С.</i> Оценка гибкости предприятия при управлении изменениями .....	№1
<i>Егоров В.Н., Чернова М.В.</i> Применение PDM- и ERP-систем в управлении цепями поставок в текстильно-швейном комплексе .....	№2
<i>Кулажанов Т.К., Кизатова М.Ж., Кутжанова А.Ж.</i> Интеграция вузовской науки и индустрии для инновационного развития легкой промышленности Казахстана .....	№3
<i>Матушкина О.Е.</i> Управление производственными запасами как инструмент минимизации экономических рисков предприятий легкой промышленности .....	№3
<i>Балыхин Г.А., Радько С.Г., Балыхин М.Г.</i> Развитие трудового потенциала на основе компетентностного подхода .....	№3
<i>Николенко А.В.</i> Основные экономические проблемы отечественных предприятий легкой промышленности в современных условиях .....	№4
<i>Лускатова О.В., Тихомиров А.Е., Амосова Н.А.</i> Механизм эффективного управления инвестиционной деятельностью региона .....	№4
<i>Федосова Р.Н., Ильина М.Ю., Медведева Н.С., Юсуф А.А.</i> Развитие инструментов интеграции текстильной промышленности стран Евразийского экономического союза (ЕАЭС): инновационный подход ...	№4
<i>Котегова Л.А.</i> Опыт реформирования текстильных предприятий: многократное повышение инвестиционной привлекательности .....	№4
<i>Марченко Е.М., Белова Т.Д.</i> Развитие текстильной и швейной промышленности как одно из направлений повышения энергоэффективности региональной экономики .....	№4
<i>Родионова Н.В.</i> Формирование текстильной индустрии на основе развития рынка льняных и льносодержащих товаров .....	№4
<i>Доничев О.А., Никонова С.А., Новикова А.В.</i> Инновационные преобразования как основные направления повышения эффективности текстильной и легкой промышленности региона в целях повышения их эффективности и социальной направленности .....	№4
<i>Гончаров А.Ю., Сироткина Н.В.</i> Механизм управления сбалансированным развитием регионов с доминирующими видами экономической деятельности .....	№4
<i>Ползунова Н.Н., Капустина Н.В., Кузнецов Ю.В.</i> Концепция развития предприятия текстильной промышленности на основе риск-менеджмента .....	№4
<i>Паньшин И.В.</i> Несбалансированность региональных экономических ресурсов: причины возникновения и пути устранения (на примере текстильного и швейного производства) .....	№4
<i>Дмитриев Ю.А., Омаров М.М.</i> Повышение эффективности предприятия легкой и текстильной промышленности на основе создания производственных территориальных кластеров .....	№4
<i>Филимонова Н.М., Гончаренко Л.П., Якушев А.Ж., Фатьянова И.Р.</i> Преодоление кризиса текстильной промышленности России на основе возможностей инновационного развития .....	№4
<i>Чайковская Н.В.</i> Формирование и применение деликтологической модели в обеспечении предупреждения налоговых правонарушений .....	№4
<i>Ларионов В.Г., Павленков М.Н., Фалько С.Г.</i> Концепция контроллинга управления сбытом предприятия текстильной промышленности .....	№4
<i>Семенова И.И., Кузнецова А.П.</i> Методика согласованного синтеза структуры ERP-системы под комплекс производственных требований заказчика .....	№4
<i>Тихонюк Н.Е.</i> Использование современных бизнес-моделей развития малого предпринимательства для нужд текстильной промышленности .....	№4
<i>Матушкина О.Е., Ковалев А.И., Волкова Е.Ю.</i> Минимизация последствий ошибочного прогноза спроса и неопределенности производства для предприятий легкой промышленности .....	№4

<i>Даулетбаков Б.Д., Султангалиева Л.С., Жангуттина Г.О.</i> Прогнозирование риска по инвестиционной привлекательности проектов в текстильной промышленности .....	№4
<i>Туменбаева О.Ш.</i> Анализ конкурентоспособности казахстанской текстильной промышленности ..	№4
<i>Балыхин Г.А., Радько С.Г., Дембицкий С.Г., Березина Е.В.</i> Формирование человеческого капитала и риски в управлении кадрами .....	№5
<i>Моргунова Н.В., Зайцева И.А.</i> Решение кадровых проблем текстильной промышленности через интеграцию образовательного процесса .....	№6
<i>Алоян Р.М., Петрухин А.Б., Опарина Л.А.</i> Совершенствование организационно-технологических решений по ресурсо- и энергосбережению в строительстве с использованием синтетических геоматериалов .....	№6

## Материаловедение

<i>Байжанова С.Б., Джанпаизова В.М., Сагитова Г.Ф., Батиркулова А.А.</i> Исследования влияния фотодеструкции на эксплуатационные свойства материалов для спецодежды .....	№1
<i>Джанпаизова В.М., Сагитова Г.Ф., Аширбекова Г.Ш., Батиркулова А.А.</i> Исследование физико-механических свойств текстильных материалов в процессе инсоляции .....	№1
<i>Калдыбаев Р.Т., Айменов Ж.Т., Набиев Д.С., Бегалиева А.К., Калдыбаева Г.Ю.</i> Исследование разработки биоразлагаемых полимерных материалов на основе микрокристаллической целлюлозы в целях увеличения вегетационного периода хлопчатника .....	№1
<i>Калдыбаев Р.Т., Калдыбаева Г.Ю., Чалых А.В., Сабырханов Д.С.</i> Исследование формирования комплексной нити шелка-сырца в процессе перевивки коконных нитей .....	№1
<i>Махмудова Г.И., Каратаев М.С., Сатаев М.И., Нурмаматова О.И., Садибек А.</i> Влияние количества жаккардовых петель на физико-механические свойства .....	№1
<i>Махмудова Г.И., Каратаев М.С., Мырхалыков Ж.У., Нурмаматова О.И., Нурмаханова А.Н.</i> Анализ технологических параметров плюшевого трикотажа на базе пресс-жаккардового переплетения .....	№1
<i>Махмудова Г.И., Каратаев М.С., Мырхалыков Ж.У., Нурмаматова О.И., Кайранбеков Г.Д.</i> Исследование влияния структуры базисного переплетения на свойства плюшевого трикотажа .....	№1
<i>Тогатаев Т.У., Турганбаева А.А., Баширова С.А., Конысбеков С.М.</i> Анализ эксплуатационных характеристик защитной одежды спасателей .....	№1
<i>Мырхалыков Ж.У., Туребекова Г.З., Сагитова Г.Ф., Сакибаева С.А.</i> Возможности повышения адгезии резины к текстильному корду из искусственных волокон .....	№1
<i>Нехорошкина М.С., Рудовский П.Н.</i> Методика определения доли энергии удара, поглощенной тканью или пакетом ткани .....	№1
<i>Иванов О.М., Иванова С.Ю.</i> Определение максимального заряда ворса в процессе электрофлокирования .....	№2
<i>Петрухин А.Б., Опарина Л.А.</i> Классификация синтетических геоматериалов и их применение в современном строительстве .....	№2
<i>Грузинцева Н.А., Лысова М.А., Москвитина Т.В., Гусев Б.Н.</i> Обеспечение требуемого уровня качества геотекстильных материалов для дорожного строительства .....	№2
<i>Дюсенбиева К.Ж., Таусарова Б.Р., Кутжанова А.Ж.</i> Модификация целлюлозного текстильного материала на основе золь-гель технологии для придания антимикробных свойств .....	№3
<i>Рыскулова Б.Р., Жумадилова А.А., Логинова Л.В.</i> Исследование комплексного воздействия факторов износа на механические свойства тканей для спецодежды .....	№3
<i>Жилисбаева Р.О., Крученецкий В.З., Кизатова М.Ж., Танкибаева М.Х., Таласпаева А.А., Вязигин С.В.</i> К оценке температурных характеристик пододежного пространства с использованием интеллектуальной среды .....	№3
<i>Дерябина А.И., Лисиенкова Л.Н., Тарасова О.Ю.</i> Моделирование деформации волокнисто-сетчатых материалов при циклическом сжатии .....	№3
<i>Гайнутдинов Р.Ф., Хамматова В.В.</i> Электрофизические методы наноструктурирования текстильных материалов, применяемых для производства специальной одежды .....	№3
<i>Хамматова Э.А.</i> Исследование микроструктуры натурального текстильного материала после наноструктурирования потоком неравновесной низкотемпературной плазмы .....	№4
<i>Ярьев О.Б.</i> Факторы конкурентоспособности льняных тканей российского производства .....	№4
<i>Замышляева В.В., Смирнова Н.А.</i> Конфекционирование материалов для изделий костюмной группы с учетом свойств дублированных пакетов одежды .....	№5
<i>Ивановский В.А., Титов С.Н.</i> Методика применения фильтров-распознавателей при анализе структуры трехмерной ткани .....	№5
<i>Гладий Ю.П.</i> Строение макромолекулы целлюлозы. Квантово-химический расчет .....	№5
<i>Томилова М.В.</i> Исследование анизотропии изменений линейных размеров плетеных полотен после мокрых обработок .....	№5

<i>Трещалин Ю.М., Киселев М.В., Хамматова В.В., Трещалин М.Ю., Киселев А.М.</i> Исследование структуры нетканых материалов методом компьютерной томографии .....	№5
<i>Рудовский П.Н., Нехорошикина М.С.</i> Разработка комплексного показателя для оценки средств защиты рук от ударов малой интенсивности .....	№5
<i>Колесников П.Н., Иванов А.Н.</i> Трехмерные модели текстильных материалов полотняного переплетения .....	№5
<i>Алеева С.В., Кокишаров С.А.</i> Оценка гигроскопических и теплофизических свойств льняных полотен с новыми эффектами ворсовой фактуры .....	№5
<i>Макаров А.Г., Переборова Н.В., Вагнер В.И., Васильева Е.К.</i> Разработка методики проведения сравнительного анализа деформационных и релаксационных свойств арамидных нитей и текстильных материалов на их основе .....	№5
<i>Хамматова Э.А.</i> Ионопучковые исследования наноструктуры экспериментальных образцов натуральных текстильных материалов после воздействия потока неравновесной низкотемпературной плазмы .....	№5
<i>Чагина Л.Л.</i> Методика комплексной оценки качества льняных трикотажных полотен для верхних изделий .....	№6
<i>Иванова О.В.</i> Проектирование показателей качества конкурентоспособного интерьерного текстиля с учетом специфики социокультурной среды .....	№6
<i>Бойко С.В., Маринкина М.А., Чагина Л.Л., Смирнова Н.А.</i> Влияние жесткости полотен при изгибе на силуэтные линии формы элементов швейных изделий .....	№6

### Первичная обработка. Сырье

<i>Калдыбаев Р.Т., Калдыбаева Г.Ю., Мирзамуратова Р.Ш., Темиришиков К.М., Сатаев М.И.</i> Исследование равномерности питания зоны дженирования хлопком-сырцом .....	№1
<i>Мочалов Л.В., Хомяков Е.С., Дроздов В.Г.</i> Двухкритериальная оптимизация процесса мятья .....	№2
<i>Потапов Д.В., Киселев Н.В.</i> Исследование процесса СВЧ-сушки льняной тресты .....	№2
<i>Вихарев С.М., Федосова Н.М.</i> Переходные процессы при трепании льносырца .....	№2
<i>Носов А.Г., Разин С.Н., Пашин Е.Л.</i> Исследование кинематических параметров рабочих органов в устройстве для очистки модифицированного волокна от примесей .....	№2
<i>Джуринская И.М., Отынишев М.Б.</i> Повышение эффективности использования грубой и полугрубой овечьей шерсти .....	№3
<i>Пашин Е.Л., Орлов А.В.</i> Разработка алгоритма расчета линейной плотности лубяных волокон с использованием технического зрения .....	№5
<i>Волков Д.А.</i> Исследование влияния дополнительной направляющей, установленной вблизи зажима трепальной машины, на натяжение льняных прядей .....	№5
<i>Орлов А.В., Пашин Е.Л.</i> Оценка влияния параллелизирующих решеток трепальной машины на снижение угловой дезориентации льняных прядей разной длины .....	№5
<i>Новиков Э.В., Проталинский С.Е., Безбабченко А.В.</i> Исследование процесса переработки однотипной пеньки в текстильную ленту по льняной технологии .....	№6
<i>Иванов Е.Э., Киселев Н.В., Пашин Е.Л.</i> Моделирование процесса сушки стеблей льнотресты с варьируемой шириной слоя в щелевой конвейерной машине .....	№6
<i>Дроздов В.Г., Мозохин А.Е.</i> Особенности применения метода инфракрасной спектроскопии пропускания для оценки качества льнотресты .....	№6
<i>Носов А.Г., Пашин Е.Л., Разин С.Н.</i> Обоснование формы рабочих органов устройства для очистки котонина .....	№6

### Прядение

<i>Мырхалыков Ж.У., Таишменов Р.С., Калдыбаев Р.Т., Калдыбаева Г.Ю., Турлыбекова А.Б.</i> Исследование неровноты питающей ленты для производства пряжи .....	№1
<i>Алимбетов М.О., Тогатаев Т.У., Сатаев М.И., Джаннаизова В.М., Турлыбекова А.Б.</i> Анализ влияния заточки валиков вытяжных установок кольцепрядильной машины на качество и неровноту пряжи .....	№1
<i>Таишменов Р.С., Мырхалыков Ж.У., Джаннаизова В.М., Калдыбаева Г.Ю., Аширбекова Г.Ш.</i> Возможности производства пряжи больших линейных плотностей из отходов с использованием высокопроизводительного безверетенного роторного способа прядения .....	№1
<i>Дягилев А.С., Коган А.Г.</i> Исследование и моделирование физико-механических свойств волокон котонизированного льна .....	№2
<i>Беляев Д.Н., Столяров А.А.</i> Метод контроля за ходом технологического процесса прядения и определения параметров вырабатываемой пряжи .....	№2
<i>Волков С.В., Пакулова Н.К., Волков В.В.</i> К вопросу об укладке волокнистого продукта в неподвижный контейнер .....	№2

<i>Джуринская И.М., Отынишев М.Б., Абдыкаримов Г.Н.</i> О переработке полугрубой и грубой овечьей шерсти по гребенной системе прядения .....	№2
<i>Полякова Е.В., Романов В.Е., Чельшев С.В., Чельшев А.М., Кудряшова В.И.</i> Исследование влияния процесса вытягивания штапельной полиэфирной пряжи на ее свойства .....	№3
<i>Садыкова Д.М.</i> О кардочесании волокнистых материалов в настоящее время .....	№3
<i>Кузнецова Н.С.</i> Исследование физико-механических свойств вьюрковой пряжи, сформированной с применением трехвьюркового аэродинамического крутильного устройства .....	№5
<i>Кузнецова Н.С.</i> Усовершенствование вьюркового способа получения льняной и смешанной пряжи ..	№5
<i>Рудовский П.Н., Собашко Ю.А., Смирнова С.Г.</i> Влияние релаксации свойств ЭХА-растворов на выбор режимов обработки льняной ровницы при подготовке ее к прядению .....	№5
<i>Щербаков В.П., Грачев А.В., Скуланова Н.С., Полякова Т.И., Халезов С.Л.</i> Геометрия скрученной в два сложения пряжи в расчетах изменения длины при кручении .....	№5
<i>Хомяков Е.С., Наумов А.К.</i> Теория кручения и деформации текстильной пряжи послойной структуры .....	№6
<i>Павлюченко Е.В., Голубчикова А.В., Мовшович П.М., Разумеев К.Э., Лазуренко С.Б.</i> Процесс формирования петельной структуры на фасонной пряже .....	№6

### Ткачество

<i>Джаннаизова В.М., Кайранбеков Г.Д., Рахманкулова Ж.А., Аширбекова Г.Ш., Куралбаева А.</i> О неравномерности намотки нитей на сновальном валике .....	№1
<i>Панин А.И., Ракова О.А., Рыбаулина И.В., Николаева Н.А.</i> Анализ скорости сматывания нити с мотальных паковок .....	№2
<i>Кулида Н.А., Круглов А.В.</i> 3-D модели формы паковки партионного снования .....	№2
<i>Николаев С.Д., Палагина И.В., Мастраков Р.Е.</i> Исследование строения и свойств хлопчатобумажных тканей .....	№2
<i>Сафонов П.Е., Левакова Н.М., Юхин С.С.</i> Разработка облегченных структур тканей полотняного и перевивочного переплетения из полиимидных и параарамидных нитей .....	№2
<i>Гречухин А.П.</i> Новый способ исследования натяжения ткани в зоне вальян-грудница с использованием сервопривода .....	№2
<i>Николаев С.Д., Палагина И.В., Николаева Н.А., Емельянова Ю.В., Боровков В.В.</i> Исследование натяжения уточных нитей .....	№4
<i>Гречухин А.П.</i> Математическая модель строения ткани из углеродных нитей .....	№5
<i>Банакоева Н.В., Крутикова В.Р.</i> Анализ параметров технологических процессов приготавливаемого, ткацкого и трикотажного производств по тензограммам нити .....	№5
<i>Селиверстов В.Ю.</i> Перспективные объемные текстильные изделия .....	№5
<i>Панин А.И., Рыбаулина И.В.</i> Анализ причин жгутообразования при формировании бобин на мотальных машинах фрикционного типа .....	№6
<i>Сильченко Е.В., Николаев С.Д.</i> Новая ткань для защиты человека от воздействия электромагнитных полей .....	№6
<i>Малецкая С.В., Малецкий В.В.</i> Использование вспомогательных переплетений для автоматизированного построения переплетений двухслойных тканей с переходом нитей из слоя в слой .....	№6
<i>Юхин С.С., Назарова М.В., Бойко С.Ю.</i> Разработка технологии изготовления ткани, обладающей виброзащитными свойствами .....	№6
<i>Керимов С.Г., Постников А.В.</i> Классификация многослойных переплетений тканых изделий по числу слоев и способу их соединения .....	№6
<i>Махвер В.Л., Смирнова Т.В.</i> Ассортиментные возможности подготовки основ к ткачеству на сновально-шлихтовальном агрегате .....	№6
<i>Ишиматов А.Б., Яминова З.А., Рудовский П.Н.</i> Обоснование режимов получения серицина в виде порошка для приготовления шлихты .....	№6
<i>Махмудова Н., Фарзалиев М.</i> Теоретическое исследование параметров строения бобины крестовой намотки .....	№6

### Отделка

<i>Сабырханова М.Д., Елдияр Г.К., Байболов К.С.</i> Исследование микроструктуры хлопчатобумажных тканей, отбеленных с использованием химической и ферментной добавок .....	№1
<i>Торбаев Б.П., Мырхалыков Ж.У., Алимова Х.А.</i> Гармонизация цветов домашнего текстиля в интерьере .....	№1
<i>Красина И.В., Антонова М.В., Илюшина С.В., Парсанов А.С.</i> Оценка возможности применения плазменной модификации тканей в процессе придания им антибактериальных свойств .....	№2

<i>Баданова А.К., Кутжанова А.Ж., Кричевский Г.Е., Фролова М.А.</i> Исследование краевых углов смачивания и гистерезиса смачивания гидрофобизированных текстильных материалов .....	№3
<i>Баданова А.К., Кутжанова А.Ж., Кричевский Г.Е.</i> Влияние изменения свободной энергии поверхности на гидрофобные свойства модифицированного целлюлозного текстильного материала .....	№3
<i>Баданова А.К., Кутжанова А.Ж., Кричевский Г.Е.</i> Исследование влияния гидрофобной отделки на колористические характеристики целлюлозного текстильного материала .....	№3
<i>Буркитбай А., Таусарова Б.Р., Кутжанова А.Ж., Рахимова С.М.</i> Полимерная композиция для биоцидной отделки целлюлозного текстильного материала .....	№3
<i>Тасымбекова А.Н., Логинова Л.В., Кутжанова А.Ж.</i> Применение акриламида в процессе крашения шерстяного волокна активными красителями.....	№3
<i>Рахимова С.М., Таусарова Б.Р., Кутжанова А.Ж., Буркитбай А.</i> Разработка композиционного состава для придания антимикробных свойств хлопчатобумажной ткани .....	№3
<i>Пахолук Е.В., Семак Б.Д., Передрий О.И., Голодюк Г.И.</i> Исследование стойкости окрасок льняных плательно-сорочечных тканей к действию многократных стирок .....	№3
<i>Кобраков К.И., Ковальчукова О.В., Кузнецов Д.Н., Родионов В.И., Станкевич Г.С.</i> Спектрофотометрическое изучение взаимодействия некоторых азокрасителей, содержащих хелатирующие группы, с ионами и наноразмерными частицами серебра .....	№3
<i>Жидкова В.В., Жук Л.А., Дащенко Н.В., Киселев А.М.</i> Формирование структурной окраски в процессе печатания текстильных материалов с использованием наноразмерных интерференционных пигментов .....	№4
<i>Федосов С.В., Акулова М.В., Таничев М.В., Козлова О.В.</i> Влияние низкотемпературной плазмы на эффективность окрашивания и прочностные характеристики рулонных стеновых материалов на флизелиновой основе .....	№4
<i>Корабельников А.Р., Шутова А.Г., Смирнов М.М., Семенова К.А.</i> Влияние концентрации раствора полимера на размер и морфологию волокон, получаемых методом электроформирования .....	№5
<i>Сергеева Е.А., Костина К.Д.</i> Моделирование процессов гидрофилизации поверхности тканей на основе волокон из СВМПЭ, модифицированных ВЧ-разрядом .....	№5
<i>Жантасов К.Т., Мырхалыков Ж.У., Туракулов Б.Б., Жантасов М.К., Шалатаев С.Ш., Ерубай А., Досалиев К.</i> Возможность получения обожженных окатышей для производства текстильных пигментов и промежуточной продукции из техногенных отходов .....	№5
<i>Чешкова А.В., Кончина А.А.</i> Влияние ферментативной модификации целлюлозы хлопка на капиллярные и сорбционные свойства материалов перексидного способа подготовки .....	№6
<i>Алеева С.В., Кокшаров С.А.</i> Влияние химических способов подготовки льняного волокна на свойства формируемой пряжи .....	№6
<i>Рукавишников Ю.А., Кротова М.Н., Куваева Е.Ю., Одинцова О.И.</i> Исследование взаимодействия синтетических полиэлектролитов с кислотными красителями .....	№6
<i>Хамматова В.В.</i> Метод наномодифицирования натуральных текстильных материалов коллоидным раствором наночастиц серебра .....	№6
<i>Сергеева Е.А., Тимошина Ю.А.</i> Получение волокнистых текстильных материалов с антибактериальными свойствами путем модификации их поверхности наночастицами серебра .....	№6
<i>Азанова А.А., Абдуллин И.Ш., Нуруллина Г.Н.</i> Использование плазмы высокочастотного емкостного разряда пониженного давления в отделке трикотажных полотен .....	№6
<i>Жантасов К.Т., Мырхалыков Ж.У., Туракулов Б.Б., Жантасов М.К., Шалатаев С.Ш., Ерубай А., Досалиев К.</i> Возможность получения текстильных пигментов и промежуточной продукции из обожженных окатышей .....	№6

### **Технология нетканых материалов**

<i>Тувин М.А., Хосровян И.Г., Красик Т.Я., Хосровян Г.А., Тувин А.А.</i> Математическое моделирование процесса движения волокнистой смеси в бункерном питателе с переменной площадью поперечного сечения шахты .....	№2
<i>Таласпаева А.А., Жилисбаева Р.О.</i> Исследование влияния нетканых материалов на теплозащитные показатели спецодежды .....	№3
<i>Молдагосжиева З.Д., Жилисбаева Р.О., Мокеева Н.С.</i> Исследование новых нетканых материалов с целью определения теплопередачи при воздействии пламени .....	№3
<i>Тувин М.А., Хосровян И.Г., Красик Т.Я., Хосровян Г.А.</i> Математическое моделирование аэродинамической рассортировки волокон в устройстве для получения многослойных нетканых материалов ...	№6

### **Трикотажное производство**

<i>Байжанова С.Б., Калдыбаева Г.Ю., Елдияр Г.К., Арипбаева А.Е., Абилтаева М.Ж.</i> Исследование способов выработки двустороннего платированного плюшевого трикотажа на кругловязальной оборотной машине .....	№1
--	----

<i>Байжанова С.Б., Калдыбаева Г.Ю., Батиркулова А.А., Доскараева С.О., Сабырханов Д.С.</i> Разработка структур и способов получения двухслойного трикотажа на плоскофанговой машине КН-323D .....	№1
<i>Калдыбаев Р.Т., Калдыбаева Г.Ю., Сатаев М.И., Махашов Е.Ж., Арипбаева А.Е.</i> Исследование способов выработки платированного плюшевого трикотажа на базе глади для улучшения теплозащитных свойств изделий .....	№1
<i>Махмудова Г.И., Мырхалыков Ж.У., Каратаев М.С., Нурмаматова О., Туребекова Г.З.</i> Технология и процесс вязания плюшевого трикотажа на базе пресс-жаккардового переплетения .....	№1
<i>Махмудова Г.И., Каратаев М.С., Мырхалыков Ж.У., Туребекова Г.З., Нурмаматова О.И.</i> Технология получения футерованного плюшевого трикотажа .....	№1
<i>Махмудова Г.И., Мукимов М.М., Мырхалыков Ж.У., Каратаев М.С., Нурмаматова О.И.</i> Технология и способ получения уточного плюшевого трикотажа .....	№1
<i>Капралов В.В., Чистобородов Г.И., Никифорова Е.Н., Онипченко Д.А.</i> Метод проектирования оснoвoвязанных геосеток .....	№1
<i>Кудрявин Л.А., Пивкина С.И., Фомина О.П., Заваруев В.А.</i> Применение метода проектирования новых структур трикотажа с использованием дополнительных операций с элементами его структуры .....	№2
<i>Маринкина М.А., Чагина Л.Л., Проталинский С.Е., Богатырева М.С.</i> К вопросу учета стабильности нагрузки, оказываемой компрессионными изделиями в процессе эксплуатации .....	№5
<i>Сарыбаева Э.Е., Байжанова С.Б., Башкова Г.В., Сарыбаева К.Е., Шардарбек М.Ш.</i> Использование комбинированного переплетения как способ снижения материалоемкости двойного трикотажа ....	№5
<i>Москаева Т.Б.</i> Научные исследования в области вязания .....	№6
<i>Николаева Е.В., Муракаева Т.В., Пивкина С.И.</i> Анализ структуры интарзийных полотен с ажурным способом соединения и работы нитеводоv при их выработке .....	№6

### **Швейное производство и дизайн**

<i>Торebaев Б.П., Мырхалыков Ж.У.</i> Роль ахроматических цветов в создании цветовой композиции костюма .....	№1
<i>Махмудова Г.И., Мырхалыков Ж.У., Каратаев М.С., Нурмаматова О.И., Бейсенбаева М.С.</i> Уточный трикотаж для детской верхней одежды .....	№1
<i>Шеромова И.А., Старкова Г.П., Железняков А.С.</i> Моделирование и алгоритмизация процедуры подтверждения соответствия безопасности и качества швейных изделий .....	№2
<i>Чуприна Н.В.</i> Анализ деятельности участников модного процесса в условиях индустрии моды .....	№2
<i>Крюкова Н.А., Лисина Н.А.</i> Разработка и исследование конструктивно-декоративного решения авторских моделей головных уборов .....	№2
<i>Баскимбаева Т.А., Киябаева С.К.</i> Определение рационального числа номеров женской одежды Республики Казахстан для промышленного производства .....	№3
<i>Мокеева Н.С., Заев В.А., Жилисбаева Р.О., Молдагажиева З.Д.</i> Модель оптимизации теплозащитных свойств спецодежды в условиях воздействия высоких температур .....	№3
<i>Изтаева А.А.</i> Математическое обоснование оптимизации конструктивных параметров спецодежды на основе динамического соответствия .....	№3
<i>Курамысова М.У., Бондарева Ю.В., Битус Е.И.</i> Анализ прочности шва в зависимости от параметров соединения деталей изделий иглопробивным способом .....	№3
<i>Курамысова М.У., Бондарева Ю.В., Битус Е.И.</i> Определение объемной пористости шва на участках соединения полотен по иглопробивной технологии .....	№3
<i>Таласпаева А.А., Жилисбаева Р.О.</i> К вопросу о разработке пакета материалов для проектирования спецодежды .....	№3
<i>Талгатбекова А.Ж., Нуржасарова М.А.</i> Моделирование процесса проектирования одежды ...	№3
<i>Нуржасарова М.А., Смайлова У.У., Талгатбекова А.Ж., Тунгатарова Д.Т.</i> Теоретические принципы проектирования одежды с использованием метода аналогии .....	№3
<i>Чижик М.А., Иванцова Т.М.</i> Формирование оптимальных пакетов швейных изделий для эксплуатации в условиях пониженных температур .....	№3
<i>Макарова Т.Л., Макаров С.Л.</i> Анализ символа "человек" в дизайне современного костюма и разработка базы данных и компьютерной программы .....	№4
<i>Нурбай С.К., Нуржасарова М.А., Джусупова-Парфилькина И.М.</i> Исследование принципов морфологической трансформации конструкции одежды для беременных женщин .....	№4
<i>Нуржасарова М.А., Талгатбекова А.Ж., Рустемова А.О., Скарьдова В.Б.</i> Процесс создания конструктивных решений одежды с помощью эвристических приемов .....	№4
<i>Денисова О.И.</i> О проблеме антропометрического соответствия одежды для детей школьного возраста .....	№5
<i>Денисенко Т.А., Сафронова М.В.</i> Новые возможности проектирования учебных манекенов различного назначения .....	№5

<i>Иванова О.В., Третьякова Ю.В.</i> Исследование потребительских свойств светозащитных полотен для интерьера .....	№5
<i>Борисова Е.Н., Койтова Ж.Ю.</i> Совершенствование проектирования изделий из овчинного полуфабриката на основе оценки несминаемости волосяного покрова .....	№5
<i>Погорелова М.Л., Суслов И.А.</i> Способы формирования познавательного интереса к историческому костюму .....	№5
<i>Шорохов С.А., Магзелёва А.А., Галанин С.И.</i> Декоративная электрохимическая обработка фурнитуры швейных изделий .....	№5
<i>Дубоносова Е.А., Возвышаева Е.В.</i> Проектирование швейных изделий специального назначения с учетом конституции телосложения .....	№5
<i>Метелева О.В., Ташев В.В., Никифорова Е.Н.</i> Изменение водонепроницаемости одежды под воздействием динамических деформаций .....	№6
<i>Романова К.Е.</i> Русский свадебный костюм XVIII-XIX веков .....	№6

### Текстильные машины и агрегаты

<i>Каратаев М.С., Махмудова Г.И., Мырхалыков Ж.У., Нурмаматова О.И., Даутова Ж.Б.</i> Совершенствование конструкций элементов петлеобразующей системы для улучшения технологической возможности трикотажной машины .....	№1
<i>Махмудова Г.И., Мырхалыков Ж.У., Каратаев М.С., Даутова Ж.Б.</i> Эффективный составной кулирный клин с клиновидным упругим амортизатором трикотажной машины .....	№1
<i>Гаврилов А.Н., Хозина Е.Н., Макаров В.А.</i> Взаимодействие элементов ремизки в процессе образования зева .....	№2
<i>Носова Н.Ю., Глазунов В.А., Мисюрин С.Ю., Филиппов Д.Н.</i> Синтез и кинематический анализ механизмов параллельной структуры с развязкой поступательных движений .....	№2
<i>Волков В.В., Семенов А.Д., Волков С.В., Пакулова Н.К.</i> К вопросу об оптимизации процесса смешивания волокнистого материала в многокамерных смешивающих машинах .....	№2
<i>Усенбеков Ж., Темирбеков Е., Сеитов Б.</i> Вероятность безотказной работы механизмов машин легкой промышленности .....	№3
<i>Усенбеков Ж., Темирбеков Е., Сеитов Б.</i> Влияние точности механизмов отклонения иглы и перемещения материала на качество беспосадочной строчки .....	№3
<i>Темирбеков Е., Усенбеков Ж.</i> Моделирование ориентации кинематических пар манипуляторов методом конечных элементов .....	№3
<i>Темирбеков Е., Усенбеков Ж.</i> Обоснование методики учета ориентации кинематических пар манипуляторов методом конечных элементов .....	№3
<i>Палочкин С.В., Лабай Н.Ю., Рудовский П.Н.</i> Экспериментальные исследования демпфирования колебаний в текстильных паковках с крестовой намоткой нити .....	№3
<i>Букина С.В., Сысоева Е.К.</i> Динамическое исследование рычажного механизма кромкообразования ткацкого рапирного станка фирмы Dornier для испытания режущей способности механизма .....	№5
<i>Коваленко Н.И., Разин С.Н.</i> Влияние конструктивного исполнения трепальных машин на условия работы зажимного механизма .....	№5
<i>Мартышенко В.А., Подъячев А.В.</i> Алгоритмы численного статического анализа валов валковых текстильных машин .....	№5
<i>Лебедев Д.А.</i> Разработка концептуальной модели волокноочистителя .....	№5
<i>Елисеева Н.А., Телицын А.А., Делекторская И.А.</i> Техническое решение по модернизации блока вихревых камер для формирования СК-пряжи повышенной прочности .....	№5
<i>Романов В.В., Брут-Бруляко А.Б.</i> Системы управления промышленными роботами для текстильной промышленности .....	№5
<i>Кривошеина Е.В., Букалов Г.К.</i> Математическая модель начального периода изнашивания стальной пластины тормоза уточной нити станка СТБ .....	№5
<i>Киселев А.М.</i> Определение перспективных направлений в построении автоматизированных систем проектирования 3D-преформ и прогнозирования заданных свойств композиционных материалов на их основе .....	№5
<i>Травин Г.М., Привалов А.В., Кулемкин Ю.В.</i> Развертывание функции качества при конструировании игльно-планочной гарнитуры .....	№5
<i>Губанов А.С., Киселев Н.В.</i> Зависимость проницаемости паковок льняной пряжи при сушке от плотности и влажности .....	№5
<i>Гаврилов А.Н., Хозина Е.Н., Макаров В.А.</i> Экспериментальное исследование зевобразовательного механизма ткацкой машины типа СТБУ .....	№6
<i>Кривошеина Е.В., Букалов Г.К.</i> Классификация нитепроводящих деталей по периодичности контакта и способу создания давления в контакте .....	№6



Алешин Р.Р., Катаманов А.А., Иванов А.В., Егоров С.А., Викторов Е.К. Разработка и исследование модели машины трения .....

№6

### Автоматизация технологических процессов

Кадыр Ж.Н., Мусабеков А.А. Автоматизация процессов управления на предприятии текстильной промышленности .....	№1
Тихонов А.И., Булатов Л.Н., Глазунов В.Ф. Математическая модель асинхронного электродвигателя в системе электропривода сновальной машины .....	№2
Шардарбек М.Ш., Маханбеталиева К.Т. Энергосиловые затраты при транспортировании плоских жестких материалов дуговым ленточным транспортером .....	№3
Глазунов В.Ф. Моделирование процессов деформации текстильных материалов в системах электроприводов оборудования непрерывного действия .....	№6
Викторов Е.К., Павлычев С.Ю., Катаманов А.А., Егоров С.А. Электромеханическая микроконтроллерная система управления натяжением основы на основовязальных машинах .....	№6

### Экологическая и производственная безопасность. Промтеплоэнергетика

Мырхалыков Ж.У., Абдуова А.А., Джанпаизова В.М., Сатаев М.И. Рациональное использование очищенных сточных вод легкой промышленности для полива древесных насаждений .....	№1
Азимов А.М., Абиев Р.Ш., Жантасов К.Т., Сатаева Л.М., Азимова Н.Б., Зерхатбек М.М. Моделирование пульсационного мембранного аппарата для обессоливания природных и промышленных вод с периодической выгрузкой сгущенного осадка .....	№1
Губейдуллин Х.Х., Шигапов И.И., Панин А.И., Поросятников А.В., Лукоянчев С.С. Технологии и технические средства для очистки сточных вод .....	№2
Шипко М.Н., Тихонов А.И., Смирнов А.В., Царева С.А., Белкин Ю.Д. Особенности фотоэлектронной эмиссии водных растворов, применяемых для приготовления красителей, после их магнитоимпульсной обработки .....	№2
Ганиева Г.А., Рыскулова Б.Р., Таипулатов С.Ш. Эргономические исследования динамического соответствия параметров в системе "человек – спецодежда" для рабочих нефтяной отрасли .....	№3
Белова И.Ю., Тихонов А.И. Расчет системы термостатирования термоэкранирующего плаща с элементами Пельтье .....	№3
Абрамов А.В., Шустов Ю.С., Родичева М.В. Имитационное моделирование теплообмена элемента тела человека с окружающей средой .....	№4
Румянцева В.Е., Хрунов В.А., Шестеркин М.Е. Определение ресурса безопасной эксплуатации зданий и сооружений из бетона .....	№4
Сусоева И.В., Букалов Г.К. Оценка пожарной опасности технологического процесса получения хлопчатобумажной пряжи путем анализа дисперсности пыли .....	№5
Колесников П.Н., Иванов А.Н. Применение нанопорошков для снижения опасности текстильных материалов одежды и специальных средств защиты, зараженных жидкими сильнодействующими ядовитыми веществами в результате аварии на химически-опасном объекте .....	№5
Губейдуллин Х.Х., Шигапов И.И., Поросятников А.В., Лукоянчев С.С., Камалдинова О.С. Гидравлические свойства пористых перегородок трубчатых текстильных фильтров .....	№5
Кожмяченко А.В., Фомин Ю.Г., Петросов С.П., Лемешко М.А., Рукаевич В.В. Теоретический анализ влияния эксплуатационных факторов на работоспособность герметичных агрегатов холодильных машин .....	№6
Федосов С.В., Акулова М.В., Кокшаров С.А., Метелева О.В. Теоретические основы теплопереноса в перспективных технологиях производства материалов текстильной и строительной отраслей промышленности .....	№6
Рудобашта С.П., Кошелева М.К. Определение коэффициентов массоотдачи и массопроводности из кривых кинетики .....	№6
Губейдуллин Х.Х., Шигапов И.И., Поросятников А.В., Лукоянчев С.С., Камалдинова О.С., Краснова О.Н. Деформации (сплющивание) остова пористой перегородки трубчатых текстильных фильтров .....	№6

### Информационные технологии

Николаев В.С., Волков В.В., Прошин И.А. Особенности имитационного моделирования технологической машины на примере ленточной машины для хлопка .....	№1
Николаев В.С., Волков В.В. Моделирование внутренних и внешних воздействий на преобразователь плотности волокнистой ленты .....	№1
Волков В.В., Николаев В.С., Лузгин Г.Д., Волков С.В. Моделирование дискретного изменения плотности волокнистого холстика в зоне питания ленточной машины .....	№1

<i>Бекташов Д.А., Блинов О.В., Калинин Е.Н.</i> Реализация задачи обработки статистических данных и определение основных параметров надежности для закона распределения Вейбулла-Гнеденко наблюдаемой случайной величины на ЭВМ .....	№2
<i>Николаев В.С., Волков В.В., Немкова Е.А.</i> Моделирование процесса уплотнения волокнистой ленты при протягивании ее через уплотнитель .....	№2
<i>Киселев А.М.</i> Определение перспективных направлений в построении автоматизированных систем проектирования 3D-преформ и прогнозирования заданных свойств композиционных материалов на их основе .....	№2
<i>Ясинский И.Ф., Ясинский Ф.Н.</i> О применении нейросетевой технологии в газодинамических задачах .....	№2
<i>Королёв П.В., Калинин Е.Н., Шилов М.А.</i> Прогнозирование трибомеханических характеристик нанокompозитных материалов методами молекулярной динамики .....	№3
<i>Никитин О.Р., Полушин П.А., Джулани И.</i> Подавление помех при передаче информации по параллельным каналам .....	№4
<i>Горшков К.А., Никитин О.Р., Рау Т.Ф., Рау В.Г.</i> Иерархические сети в модели дискретного пространства сети .....	№4
<i>Денисенко В.И., Тихонов Н.А.</i> Автоматизированный подбор предприятий для технологического кооперационного взаимодействия в текстильной промышленности .....	№4
<i>Монахов Ю.М., Власова А.М.</i> Методика определения доступности компонентов одноранговой сети со сложной случайной топологией .....	№4
<i>Монахова М.М.</i> Особенности контроля инцидентов информационной безопасности в корпоративной информационно-телекоммуникационной сети .....	№4
<i>Сарттарова Л.Т., Нуржасарова М.А.</i> Оптимизация автоматизированного размещения заказов швейной продукции в условиях аутсорсинга .....	№4
<i>Сокова Г.Г., Киприна Л.Ю.</i> Система поддержки принятия решений при автоматизированном размещении заказа на предприятиях легкой промышленности .....	№5
<i>Севостьянов П.А., Ордов К.В., Битус Е.И., Самойлова Т.А., Монахов В.В.</i> Компьютерное моделирование длины и тонины волокон шерсти в топсе и ленте на основе данных натуральных экспериментов .....	№6
<i>Ершов С.В., Калинин Е.Н., Тидт Т.</i> Анализ направленности углеродных волокон в реальных нетканых структурах технического назначения .....	№6

#### **Механика нити и полотен**

<i>Гончарова О.А., Щербаков В.П.</i> Компромиссное решение задачи условной оптимизации биоактивного трикотажа .....	№2
<i>Немирова Л.Ф., Дроздова Г.И.</i> Создание трехмерной модели петли кулирного трикотажного полотна на основе механики гибких стержней. Определение краевых условий .....	№4
<i>Макаров А.Г., Демидов А.В., Переборова Н.В., Егорова М.А.</i> Моделирование и расчетное прогнозирование релаксационных и деформационных свойств полимерных парашютных строп .....	№6
<i>Коваленко Н.И., Разин С.Н.</i> Математическое моделирование взаимодействия гибкой нити, моделирующей зажатую пряжу, с цилиндрической поверхностью при наличии внешней распределенной нагрузки .....	№6
<i>Егоров О.Д.</i> Определение некоторых геометрических характеристик гофрирующего механизма ...	№6

#### **Обмен опытом, критика и библиография, краткие сообщения**

<i>Леонов С.А.</i> Оценка качества деятельности университета на основе статистических методов .....	№1
<i>Губейдуллин Х.Х., Панин И.Н., Шигапов И.И., Поросятников А.В.</i> Разработка и исследование фильтровальных перегородок плоских и трубчатых текстильных фильтров .....	№1
Бывшему ректору текстильного вуза – Владимиру Васильевичу Зрюкину – 75 лет .....	№1
Выдающемуся ученому – профессору В.П. Щербакову – 75 лет .....	№1
Альберту Борисовичу Брут-Бруляко – 80 лет .....	№1
Борису Борисовичу Строганову 75 лет .....	№2
Эдуард Михайлович Карташов (К 80-летию со дня рождения) .....	№2
Новые монографии ученых МГУДТ .....	№2
<i>Белгородский В.С., Дембицкий С.Г., Зотов В.В.</i> Использование технологий маркетинга в образовании .....	№3
<i>Абрамова Е.А.</i> Особенности антикризисного саморазвития предприятий текстильного промышленного комплекса Ивановского региона .....	№3

<i>Низамова М.Н., Таирова Н.А., Аухадиева З.Ж., Сеитова Ф.З., Тлеулинова М.Б.</i> Педагогические условия развития креативного мышления в процессе языковой подготовки будущих специалистов текстильного профиля .....	№3
<i>Скарьдова В.Б., Нуржасарова М.А., Григорьева О.В.</i> Подготовка бакалавров по образовательной программе "Технология и конструирование изделий легкой промышленности" .....	№3
<i>Мусабеков О.У.</i> Обучение будущих технологов текстильной промышленности использованию физических явлений при решении технологических задач .....	№3
<i>К 60-летию Сергея Семеновича Юхина</i> .....	№3
<i>Балыхин М.Г., Малицкий Г.В., Рыбаулина И.В., Мошкало Н.Г.</i> Роль формирования системы мониторинга достижений обучающегося в подготовке инновационно-ориентированного специалиста .....	№4
<i>Гавриченко Е.В.</i> Влияние кадрового риска на развитие текстильной промышленности во Владимирской области .....	№4
<i>Дигилина О.Б., Корнилова О.А., Тесленко И.Б.</i> Потенциал импортозамещения в текстильной отрасли .....	№4
<i>Моргунова Н.В., Зайцева И.А., Кочетова Ю.Н., Моргунова Р.В.</i> Ресурсное обеспечение импортозамещения в текстильной промышленности .....	№4
<i>Гойхер О.Л., Аркадьева О.С.</i> Алгоритм реализации инновационных инициатив региона (на примере Владимирской области) .....	№4
<i>Снегирева Т.К.</i> Малый бизнес в легкой промышленности Владимирской области и инструменты государственной поддержки .....	№4
<i>Туманова Н.И., Худякова Е.О.</i> Об экономической эффективности специальной оценки условий труда в текстильной промышленности .....	№4
<i>Захаров П.Н., Посажеников А.А.</i> Импортозамещение в текстильной промышленности: возможности и специфика реализации .....	№4
<i>Хартанович К.В., Краев В.Н.</i> Маркетинг текстильной промышленности в условиях импортозамещения ..	№4
<i>Мельникова О.В., Марченко А.А.</i> Текстильная отрасль: фактор стимулирования или торможения развития малых городов Ивановской области .....	№4
<i>Кашицына Т.Н., Ловкова Е.С., Омарова Н.Ю.</i> Импортозамещение текстильной промышленности на основе инновационного управления проектами отрасли .....	№4
<i>Земскова М.С.</i> Проблемы импортозамещения в отечественной текстильной промышленности .....	№4
<i>Ерлыгина Е.Г., Штебнер С.В., Журко В.И., Деулина М.А.</i> Формирование кадрового потенциала в текстильной промышленности .....	№4
<i>Панягина А.Е., Бекетова А.М.</i> Оценка целесообразности отнесения текстильной промышленности к отраслевым приоритетам инвестиционного развития Владимирской области .....	№4
<i>Пугина Л.И., Чайковский Д.В., Мякишев Ю.Д.</i> Развитие инновационных систем в регионе .....	№4
<i>Монахов М.Ю., Тельный А.В.</i> О разработке оценочных средств определения уровня сформированности компетенций обучаемых .....	№4
<i>Корабельников А.Р., Шутова А.Г., Смирнов М.М., Семенова К.А.</i> Создание лабораторного оборудования для получения новых наноструктурных материалов .....	№4
<i>Султангалиева Л.С., Калдыбаев Е.К., Оразалиев Б.</i> Влияние финансовых факторов на развитие легкой промышленности Республики Казахстан .....	№4
<i>Склярченко В.А., Шамин П.Ю., Прокошев В.В.</i> Исследование протекания пористых материалов с применением динамических моделей .....	№4
<i>Голубев А.С., Звягин М.Ю., Семин Л.А., Лоханов А.В.</i> Усовершенствованное распознавание образов на основе квазиэталонных образов .....	№4
Ректору Ивановского государственного политехнического университета, главному редактору журнала "Известия вузов. Технология текстильной промышленности" Роберту Мишаевичу Алояну –55 лет!	№5
<i>Титунин А.А., Ибрагимов А.М., Угрюмов С.А., Зайцева К.В., Вахнина Т.Н.</i> Развитие межотраслевых связей при использовании природных материалов .....	№5
<i>Проталинский С.Е., Букина С.В., Корабельников А.Р.</i> Костромскому филиалу Всероссийского семинара по теории механизмов и машин им. академика И.И. Артоболевского – 50 лет .....	№5
<i>Корабельников А.Р., Шутова А.Г., Смирнов М.М., Семенова К.А.</i> Исследования процесса работы установки для электроформирования при различных концентрациях растворов полимера .....	№5
<i>Король Е.А., Давидюк А.А., Золотарев А.А.</i> Усиление и ремонт кирпичной облицовки наружных одно- и многослойных стен "аварийных" фасадов .....	№5
<i>Губейдуллин Х.Х., Шигапов И.И., Поросятников А.В., Лукоянчев С.С., Камалдинова О.С.</i> Исследование воздухопроницаемости пористых перегородок трубчатых текстильных фильтров .....	№5
<i>Алоян Р.М., Строкун К.Б., Петрухин А.Б., Феофанов С.В.</i> Анализ решений по технологии монтажа конструкций для малоэтажного строительства из несъемной строительной опалубки на основе текстильных материалов .....	№6
<i>Глушкова М.Е., Строганов Б.Б.</i> Исследование свойств медицинских рукавов из высокоэластичных нитей .....	№6

<i>Коваленко Г.М., Бокова Е.С.</i> Импрегнирование текстильных материалов огнезащитными составами на основе интерполимерных комплексов .....	№6
<i>Мальцева А.А.</i> Система факторов и показателей интеллектуального капитала прикладных НИИ текстильной промышленности .....	№6
<i>Николаю Михайловичу Ашнину – 75 лет!</i> .....	№6

#### **Уважаемые читатели!**

<i>Байжанова С.Б., Джанпаизова В.М., Сагитова Г.Ф., Аширбекова Г.Ш., Тагибаев Д.Д.</i> Комплексная оценка качества трикотажных полотен жаккардового переплетения .....	№1
<i>Байжанова С.Б., Киртай Е., Елдияр Г.К., Калдыбаев Р.Т., Бейсеева У.К.</i> Исследование параметров обеспечения комфортности одежды из тканей полотняного и саржевого переплетения .....	№1
<i>Мырхалыков Ж.У., Байжанова С.Б., Джанпаизова В.М., Сагитова Г.Ф.</i> Исследования влияния количества прессовых петель на физико-механические свойства трикотажных полотен .....	№1
<i>Киртай Э., Тогатаев Т.У., Турганбаева А.А., Аширбекова Г.Ш., Елдияр Г.К.</i> Мягкость и жесткость ткани и их влияние на различные виды тканей и трикотажных материалов. I .....	№1
<i>Киртай Э., Тогатаев Т.У., Турганбаева А.А., Аширбекова Г.Ш., Елдияр Г.К.</i> Мягкость и жесткость ткани и их влияние на различные виды тканей и трикотажных материалов. II .....	№1
<i>Епанчинцева С.Е., Джолдазбаева Г.К., Жангутина Г.О.</i> Методология оценки конкурентоспособности в легкой промышленности .....	№3
<i>Кучарбаева К.Ж., Абдиманова П.Б.</i> Проектирование трансформируемых деталей одежды в автоматизированной системе .....	№3
<i>Нарибаева Э.К., Абилкамова К.К.</i> Мониторинг ассортиментного состава рационального гардероба для женщин пожилого возраста .....	№3
<i>Сеитова Ф.З., Аухадиева З.Ж., Низамова М.Н., Таирова Н.А., Тастанкулова К.Т.</i> Инновационный подход к адаптации учебников по профессиональному иностранному языку при подготовке специалистов текстильной промышленности .....	№3
<i>Рахимова С.М., Виг А., Таусарова Б.Р., Кутжанова А.Ж.</i> Использование наноразмерных частиц оксидов металлов для антимикробной отделки хлопковой ткани .....	№3